



ESTÍMULOS DE FALA PARA APLICAÇÕES NOS POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS DE LONGA LATÊNCIA

Cláudia Isabel Trindade dos Reis

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Mestrado em Engenharia Biomédica

Porto - 2009

ESTÍMULOS DE FALA PARA APLICAÇÕES NOS POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS DE LONGA LATÊNCIA

Cláudia Isabel Trindade dos Reis

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO
MESTRADO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Biomédica

Dissertação realizada sob a supervisão do Professor Doutor Diamantino Rui da Silva Freitas do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Porto - 2009

JÚRI

PRESIDENTE

Doutora Ana Maria Rodrigues de Sousa Faria de Mendonça
Professora Associada da Universidade do Porto

VOGAIS

Doutor Carlos Alberto B. Silva
Professor Auxiliar da Universidade do Minho

Doutor Diamantino Rui da Silva Freitas (Orientador)
Professor Associado da Universidade do Porto

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Diamantino Freitas pela sua disponibilidade e orientação.

Ao Prof. Dr. Fernando Monteiro pela sua disponibilidade e ajuda.

À Mestre Margarida Serrano pela sua ajuda e apoio.

À Mestre Carla Matos pelo apoio e incentivo.

Ao Doutor António Carvalho pela ajuda e disponibilidade.

À Dr^a Cristina Nazaré por todo o apoio e amizade ao longo destes anos de trabalho.

Ao Rui e à minha família pela compreensão, incentivo e ajuda ao longo desta etapa.

A todos os que directa ou indirectamente participaram e contribuíram para a realização deste trabalho.

PALAVRAS-CHAVE:

Electrofisiologia Auditiva, Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência, Estímulos de Fala

RESUMO

No presente estudo pretendeu-se estudar a aplicação de estímulos de fala na electrofisiologia auditiva, mais especificamente nos Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência. Para tal estudou-se diversos estímulos de fala de acordo com as suas características fonéticas de modo a construir-se paradigmas cuja aplicação possa ser efectuada nos Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência, mais propriamente no Mismatch Negativity. Foi realizada gravação dos estímulos através do software Praat e posteriormente efectuou-se o tratamento dos estímulos de modo a obter-se as durações e características pretendidas. Os estímulos foram depois aplicados em 32 indivíduos normo-ouvintes, 10 crianças e 22 adultos de modo a caracterizar-se de forma sucinta algumas das características da resposta a este tipo de estímulos. Os resultados apresentados evidenciaram diferenças nas respostas com estímulos de fala quando comparadas com os estímulos tonais ou silabas. Verificou-se também que o estímulo com maior número de elementos a permitir detectar a presença de Mismatch Negativity foi o estímulo 5 (diferenças de duração) no grupo dos adultos e no grupo das crianças foi o estímulo 1 (diferenças no ponto de articulação).

KEY-WORDS:

Auditory electrophysiology, Auditory Late Response, Speech Stimulus

ABSTRACT

In this present investigation it was intended to study the application of speech stimulus in auditory electrophysiology, more specifically in Auditory Late Response. To achieve this end, several speech stimulus were studied, according to their phonetic features in order to create paradigms of which would be carried out in Evoked Potential Auditory Long Latency, more specifically in the Mismatch Negativity. By recording the input of the stimulus and later on with data processing using the software Praat, made it possible to obtain the durations and characteristics of the stimulus. The stimulus were then applied in 32 normal hearing subjects, 10 children and 22 adults in order to obtain a characterized form of some of the characteristics associated to the response to such stimulus. The results obtained, showed differences in responses to speech stimulus compared with tone stimulus or syllables. It was also verified that the stimulus with more elements which permitted to detect the presence of Mismatch Negativity was the 5th stimulus (differences in durations) in the adult group and in the children group was the stimulus 1 (differences in the articulation point).

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	XVII
ÍNDICE DE TABELAS	XIX
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XXI
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	XXIII
INTRODUÇÃO	1
Objectivos	2
Estrutura da dissertação	2
CAPÍTULO 1	5
1 ANATOMO-FISIOLOGIA DO SISTEMA AUDITIVO	7
1.1 Sistema Auditivo Periférico	7
1.2 Transmissão do Som	9
1.3 Sistema Auditivo Central	15
Núcleos Cocleares	16
Complexo Olivar Superior	17
Lemniscus Lateral	19
Colliculus Inferior	19
Corpo Geniculado Medial	22
Córtex Auditivo	23
CAPÍTULO 2	29
2 ELECTROFISIOLOGIA AUDITIVA	31
2.1 Potenciais Evocados Auditivos	32
2.1.2 Classificação e Nomenclatura	33
Latência	34
Endógenos e exógenos	35
2.2 Potenciais Evocados Auditivos de Curta Latência	35
2.3 Potenciais Evocados Auditivos de Média Latência	36
2.4 Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência	37
2.4.1 Parâmetros relacionados com a aquisição	40
Eléctrodos	40
Amplificadores	43
Filtros	45
Rejeição de artefactos	48
Conversão Analógico-Digital	48

Média do Sinal (Averaging)	49
Tempo/Janela de análise	50
Número de passagens	50
Tempo de pré-estimulação	50
Sensibilidade	51
2.4.2 Parâmetros relacionados com o estímulo	51
Tipos de estímulos	51
Duração	55
Intensidade	57
Cadencia e Intervalo entre estímulos	57
Polaridade	58
Mascaramento	58
Modo de apresentação	58
2.4.3 Parâmetros relacionados com o paciente	59
Estado de Alerta/Atenção	59
Idade	61
Género	61
Treino Auditivo	62
Drogas	62
2.5 Aplicações clínicas	63
2.6 <i>Análise e Crítica dos PEALL</i>	65
2.6.1 Avaliação através do MMN	67
Análise e interpretação	70
CAPITULO 3	73
3 ACÚSTICA E FONÉTICA DA FALA	75
3.1 <i>Características do som</i>	75
Diferenças Mínimas Perceptíveis	77
<i>Loudness e Pitch</i>	77
3.2 Fala e fonética	82
3.3 <i>Produção de fala</i>	84
3.3.1 Respiração	85
3.3.2 Fonação	85
3.3.3 Articulação	87
Modo de Articulação	87
Vogais	88
Consoantes	90
3.4 <i>Percepção da fala</i>	91
3.2.1 Percepção Categorial	95

CAPITULO 4	97
4 AVALIAÇÃO AUDITIVA PREVIA	100
4.1 Otoscopia	100
4.2 Impedância Acústica	101
4.3 Audiograma Tonal Simples	102
4.4 Audiograma Vocal	103
4.5 Otoemissões Acústicas (OEA)	104
4.1 Potenciais Evocados Auditivos do Tronco Cerebral	105
CAPITULO 5	106
5 APLICAÇÃO DOS ESTÍMULOS DE FALA EM PORTUGUÊS EUROPEU	108
5.1 Etapas na pesquisa dos Estímulos de Fala	108
Escolha das Palavras em Português Europeu	108
Gravação dos Estímulos	110
5.2 Definição da Amostra	111
5.2.1 Metodologia Utilizada na Recolha dos Dados	113
5.2.2 Critérios de exclusão	116
5.2.3 Instrumentos Utilizados	117
CAPITULO 6	118
6 Resultados	120
6.1 Análise dos Resultados	120
6.1.2 Questão 1 – No Grupo 1 (Adultos) o teste de MMN com estímulos de Fala em Português Europeu apresenta as mesmas características dos testes de MMN com estímulos Tonais e Silábicos?	122
Estímulos de fala em PE vs Estímulos Tonais de acordo com a Latência do MMN1	123
Estímulos de fala em PE vs Estímulos Tonais de acordo com a Amplitude do MMN1	124
Estímulos de fala em PE vs Estímulos Tonais de acordo com a Latência do MMN2	125
Estímulos de fala em PE vs Estímulos Tonais de acordo com a Amplitude do MMN2	127
Estímulos de Fala em PE vs Estímulos Silábicos de acordo com a Latência do MMN1	128
Estímulos de Fala em PE vs Estímulos Silábicos de acordo com a Amplitude do MMN1	130
Estímulos de Fala em PE vs Estímulos Silábicos de acordo com a Latência do MMN2	131
Estímulos de Fala em PE vs Estímulos Silábicos de acordo com a Amplitude do MMN1	132
6.1.3 Questão 2- Existe correlação entre os diferentes estímulos em Português Europeu no MMN1?	134
Correlação da latência do MMN1 no Grupo 1 - Adultos	134
Correlação da Amplitude do MMN1 no Grupo 1 - Adultos	136
Correlação da Latência no Grupo 2 (crianças)	138
Correlação da Amplitude no Grupo 2 (crianças)	139
6.1.4 Questão 3 – Existe relação entre os resultados do ouvido esquerdo e o ouvido direito no MMN1?	140

Comparação da Latência do MMN1 entre ambos os ouvidos do Grupo 1	141
Comparação da Amplitude do MMN1 entre ambos os ouvidos do Grupo 1	143
Comparação da Latência do MMN1 entre ambos os ouvidos do Grupo 2	145
Comparação da Amplitude do MMN1 entre ambos os ouvidos do Grupo 2	147
6.1.5 Questão 4 – Existe influência da formação musical no MMN1?	149
Análise da Latência do MMN1 do Grupo 1 - adultos	150
Análise da Latência do Grupo 2 - Crianças	151
Análise da Amplitude do Grupo 2 - Crianças	152
6.2 <i>Discussão dos resultados</i>	153
CONCLUSÕES	158
Estudos Futuros	159
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	161
ANEXOS	176

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 – OUVIDO EXTERNO, MÉDIO E INTERNO (VIRTUALMEDICALCENTRE.COM, 2007)	8
FIGURA 1.2- DIFERENÇA DE PRESSÃO ENTRE O TIMPANO E A JANELA OVAL (HENRIQUE, 2002)	10
FIGURA 1.3 – A CADEIA OSSICULAR COMO UM SISTEMA DE ALAVANCAS (HENRIQUE, 2002)	11
FIGURA 1.4- SELECTIVIDADE FREQUÊNCIAL DA CÓCLEA (PEARSON EDUCATION INC, 2004)	11
FIGURA 1.5 - ONDA VIAJANTE (OPEN UNIVERSITY, 2005)	12
FIGURA 1.6 - ESTRUTURA DO NEURÓNIO (U.S: DEPARTEMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, 2001)	13
FIGURA 1.7 - VIAS AUDITIVAS (NOBACK, ET AL., 2006)	15
FIGURA 1.8 – CORTE CORONAL, HORIZONTAL E SAGITAL DO COLLICULUS (CENTRADO NO SUPERIOR NA PRIMEIRA IMAGEM DA ESQUERDA E NO INFERIOR NAS RESTANTES) (GRAHN, 2008)	20
FIGURA 1.9 - DIVISÃO DO CEREBRO EM ÁREAS (GRAHN, 2008)	23
FIGURA 1.10 - ÁREA DE BRODMAN E FUNÇÕES ASSOCIADAS (GRAHN, 2008)	24
FIGURA 2.1 -POTENCIAL DE ACÇÃO (KENT, 2007)	31
FIGURA 2.2 - REGISTO DOS POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS (PUJOL, 2003)	33
FIGURA 2.3 - DIVISÃO DOS PEA EM LATÊNCIA (MCPHERSON, ET AL., 2007)	34
FIGURA 2.4 – LIGAÇÃO DO ELECTRODO DO CRANIO AO PRÉ-AMPLIFICADOR (HALL, 2007)	41
FIGURA 2.5 - COLOCAÇÃO DOS ELECTRDODOS DE ACORDO COM O SISTEMA INTERNACIONAL 10-20 (HUNTER, ET AL., 2005)	41
FIGURA 2.6 - RESULTADOS DEVIDO ÀS DIFERENTES LOCALIZADOS DOS ELECTRODOS NO MMN (HIRAYASU, ET AL., 1998)	42
FIGURA 2.7 -COLOCAÇÃO DE ELECTRODOS NOS PEALL (MCPHERSON, ET AL., 2007)	43
FIGURA 2.8 – FILTRO PASSA-ALTO (DEPARTAMENTO DE FÍSICA, 2007).	46
FIGURA 2.9 - FILTRO PASSA-BAIXO (DEPARTAMENTO DE FÍSICA, 2007)	46
FIGURA 2.10 – FILTRO DE BANDA PASSANTE (THORNTON, 2006)	47
FIGURA 2.11 - PARADIGMA ODDBALL (SARAVAN, ET AL., 2005)	52
FIGURA 2.12 – ONDA DE DIFERENÇA ENTRE O ESTÍMULO STANDARD E RARO EM Fz E Cz (SANTOS, ET AL., 2006)	67
FIGURA 3.1 - SOM COMPLEXO OBTIDO ATRAVÉS DE DOIS SONS PUROS DE DIFERENTES FREQUÊNCIAS (RAPHAEL, ET AL., 2006)	76
FIGURA 3.2 - CURVAS ISÓFONAS COM O MESMO NÍVEL DE IGUAL SENSACÃO DE INTENSIDADE PARA SONS PUROS, DE ACORDO COM A RECOMENDAÇÃO DA ISO (INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION) (HENRIQUE, 2002)	78
FIGURA 3.3 – RELAÇÃO ENTRE LODNESS EM SONES E O NÍVEL DE LOUDNESS EM PHONES PARA UM SOM DE 1000Hz (MOORE, 2003)	80
FIGURA 3.4 - ESCALA DE MELS (HENRIQUE, 2002)	81
FIGURA 3.5 – DESCODIFICAÇÃO DA INFORMAÇÃO AUDITIVA ADAPTADO DE (ANDRADE, ET AL., 1996)	83
FIGURA 3.6 – FASES ENVOLVIDAS NO PROCESSO DA FALA (MARTINS, 1998)	85
FIGURA 3.7 – ABERTURA E FECHO DA GLOTE (SENNA, 2009)	86

FIGURA 3.8 – CONTEUDO ESPECTRAL E FORMANTES DA VOGAIS (HENRIQUE, 2002)	89
FIGURA 3.9 – VOGAIS DO PORTUGUÊS EUROPEU (MATEUS, 2006)	90
FIGURA 3.10 – PONTO E MODO DE ARTICULAÇÃO DAS CONSOANTES (MATEUS, 2006)	91
FIGURA 3.11 - MODELO DE PERCEPÇÃO AUDITIVA DA FALA, ADAPTADO DE (JEKOSCH, 2005)	92
FIGURA 3.12 – INTEGRAÇÃO COMPORTAMENTAL DA INFORMAÇÃO AUDITIVA (PUJOL, 2003)	93
FIGURA 3.13 – VIAS AUDITIVAS (CALHOUN, 2000)	94
FIGURA 4.1 – OTOSCOPIA (ADAM, 2004)	100
FIGURA 4.2 - CLASSIFICAÇÃO MODIFICADA DE JERGER (FRANCHE, ET AL., 1998)	101
FIGURA 5.1 - PONTO E MODO DE ARTICULAÇÃO DAS CONSOANTES ADAPTADO DE (MATEUS, 2006)	109

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 2.1 - CLASSIFICAÇÃO DOS PEA EM ENDÓGENOS E EXÓGENOS (HALL, 2007) (McPHERSON, ET AL., 2007)	35
TABELA 2.2- PARAMETROS PARA OS PEALL (HALL, 2007)	59
TABELA 2.3- APLICAÇÕES CLÍNICAS DOS PEALL (HALL, 2007) (AQUINO, ET AL., 2002) (STAPELLS, 2009)	63
TABELA 5.1 – CARACTERÍSTICAS DOS ESTÍMULOS DE FALA	110
TABELA 5.2 – RESULTADOS OBTIDOS POR SCHULTE-KÖRNE, ET AL. (2001), EM NORMO-OUVINTES	115
TABELA 5.3 – PARÂMETROS DE ESTIMULAÇÃO UTILIZADOS NA AVALIAÇÃO ATRAVÉS DO MMN	116
TABELA 6.1 – PRESENÇA DE MMN DE ACORDO COM O ESTÍMULO UTILIZADO NO GRUPO 1 (ADULTOS)	121
TABELA 6.2 – PRESENÇA DE MMN DE ACORDO COM O ESTÍMULO NO GRUPO 2 (CRIANÇAS)	122
TABELA 6.3 – VALORES DAS MÉDIAS DE LATÊNCIA DOS ESTÍMULOS DE FALA EM AMBOS OS OUVIDOS	123
TABELA 6.4 – COMPARAÇÃO DA LATÊNCIA DOS ESTÍMULO DE FALA DO MMN1 COM A LATÊNCIA DO ESTÍMULO TONAL UTILIZADO NO ESTUDO DE SCHULTE-KÖRNE ET AL (2000)	123
TABELA 6.5 - VALORES DAS MÉDIAS DE AMPLITUDE DOS ESTÍMULOS DE FALA EM AMBOS OS OUVIDOS	124
TABELA 6.6 - COMPARAÇÃO DA AMPLITUDE DOS ESTÍMULO DE FALA DO MMN1 COM A LATÊNCIA DO ESTÍMULO TONAL UTILIZADO NO ESTUDO DE SCHULTE-KÖRNE ET AL (2000)	125
TABELA 6.7 - VALORES DAS MÉDIAS DE LATÊNCIA DOS ESTÍMULOS DE FALA EM AMBOS OS OUVIDOS PARA O MMN2	126
TABELA 6.8 - COMPARAÇÃO DA LATÊNCIA DOS ESTÍMULO DE FALA DO MMN2 COM A LATÊNCIA DO MMN2 DO ESTÍMULO TONAL UTILIZADO NO ESTUDO DE SCHULTE-KÖRNE ET AL (2000)	126
TABELA 6.9 - VALORES DAS MÉDIAS DE AMPLITUDE DOS ESTÍMULOS DE FALA EM AMBOS OS OUVIDOS PARA O MMN2	127
TABELA 6.10 - COMPARAÇÃO DA AMPLITUDE DOS ESTÍMULO DE FALA DO MMN2 COM A AMPLITUDE DO MMN2 DO ESTÍMULO TONAL UTILIZADO NO ESTUDO DE SCHULTE-KÖRNE ET AL (2000)	128
TABELA 6.11 - VALORES DAS MÉDIAS DE LATÊNCIA DOS ESTÍMULOS DE FALA EM AMBOS OS OUVIDOS PARA O MMN1	129
TABELA 6.12 - COMPARAÇÃO DA LATÊNCIA DOS ESTÍMULO DE FALA DO MMN1 COM A LATÊNCIA DO MMN1 DO ESTÍMULO VOCAL UTILIZADO NO ESTUDO DE SCHULTE-KÖRNE ET AL (2000).	129
TABELA 6.13 - VALORES DAS MÉDIAS DE AMPLITUDE DOS ESTÍMULOS DE FALA EM AMBOS OS OUVIDOS	130
TABELA 6.14 - COMPARAÇÃO DA AMPLITUDE DOS ESTÍMULO DE FALA DO MMN1 COM A AMPLITUDE DO MMN1 DO ESTÍMULO VOCAL UTILIZADO NO ESTUDO DE SCHULTE-KÖRNE ET AL (2000).	130
TABELA 6.15 - VALORES DAS MÉDIAS DE LATÊNCIA DOS ESTÍMULOS DE FALA EM AMBOS OS OUVIDOS PARA O MMN2	131
TABELA 6.16 - COMPARAÇÃO DA LATÊNCIA DOS ESTÍMULO DE FALA DO MMN2 COM A LATÊNCIA DO MMN2 DO ESTÍMULO VOCAL UTILIZADO NO ESTUDO DE SCHULTE-KÖRNE ET AL (2000).	132
TABELA 6.17 - VALORES DAS MÉDIAS DE AMPLITUDE DOS ESTÍMULOS DE FALA EM AMBOS OS OUVIDOS PARA O MMN2	133
TABELA 6.18 - COMPARAÇÃO DA AMPLITUDE DOS ESTÍMULO DE FALA DO MMN2 COM A AMPLITUDE DO MMN2 DO ESTÍMULO VOCAL UTILIZADO NO ESTUDO DE SCHULTE-KÖRNE ET AL (2000).	133
TABELA 6.19 – CORRELAÇÃO ENTRE OS VALORES DA LATÊNCIA DO MMN1 NO OUVIDO DIREITO NO GRUPO 1	135
TABELA 6.20 - CORRELAÇÃO ENTRE OS VALORES DA LATÊNCIA DO MMN1 NO OUVIDO ESQUERDO NO GRUPO 1	136

TABELA 6.21 - CORRELAÇÃO ENTRE OS VALORES DA AMPLITUDE DO MMN1 NO OUVIDO DIREITO NO GRUPO 1	137
TABELA 6.22 - CORRELAÇÃO ENTRE OS VALORES DA AMPLITUDE DO MMN1 NO OUVIDO ESQUERDO NO GRUPO 1	138
TABELA 6.23 - CORRELAÇÃO ENTRE OS VALORES DA LATÊNCIA DO MMN1 NO OUVIDO DIREITO NO GRUPO 2	139
TABELA 6.24 - CORRELAÇÃO ENTRE OS VALORES DA AMPLITUDE DO MMN1 NO OUVIDO DIREITO NO GRUPO 2	140
TABELA 6.25 - VALORES DAS MÉDIAS DE LATÊNCIA DOS ESTÍMULOS DE FALA EM AMBOS OS OUVIDOS	141
TABELA 6.26 – VALORES SUPERIORES E INFERIORES NA COMPARAÇÃO DA LATÊNCIA DO OUVIDO ESQUERDO COM O OUVIDO DIREITO	142
TABELA 6.27 – TESTE DE WILCOXON PARA A COMPARAÇÃO DAS LATÊNCIAS DO MMN1 PARA O OUVIDO ESQUERDO E DIREITO	143
TABELA 6.28 – VALORES DAS MÉDIAS DAS AMPLITUDES DO MMN1 DE ACORDO COM OS DIFERENTES ESTÍMULOS	143
TABELA 6.29 - VALORES SUPERIORES E INFERIORES NA COMPARAÇÃO DA AMPLITUDE DO OUVIDO ESQUERDO COM O OUVIDO DIREITO	144
TABELA 6.30 – TESTE DE WILCOXON PARA A COMPARAÇÃO DAS AMPLITUDES DO MMN1 PARA O OUVIDO ESQUERDO E DIREITO	145
TABELA 6.31 – MÉDIAS DAS LATÊNCIAS DO MMN1 DO GRUPO 2	146
TABELA 6.32 - VALORES SUPERIORES E INFERIORES NA COMPARAÇÃO DA LATÊNCIA DO OUVIDO ESQUERDO COM O OUVIDO DIREITO NO MMN 1 GRUPO 2	146
TABELA 6.33 - TESTE DE WILCOXON PARA A COMPARAÇÃO DAS LATÊNCIAS DO MMN1 NO GRUPO 2 PARA O OUVIDO ESQUERDO E DIREITO	147
TABELA 6.34 - MÉDIAS DAS AMPLITUDES DO MMN DO GRUPO 1	147
TABELA 6.35 - VALORES SUPERIORES E INFERIORES NA COMPARAÇÃO DA AMPLITUDE DO OUVIDO ESQUERDO COM O OUVIDO DIREITO NO MMN 1 GRUPO 2	148
TABELA 6.36 - TESTE DE WILCOXON PARA A COMPARAÇÃO DAS AMPLITUDES DO MMN1 NO GRUPO 2 PARA O OUVIDO ESQUERDO E DIREITO	149
TABELA 6.37 – TESTE DE MANN-WHITNEY U APLICADO DE ACORDO COM A INFLUÊNCIA DA FORMAÇÃO MUSICAL NA LATÊNCIA	150
TABELA 6.38 - TESTE DE MANN-WHITNEY U APLICADO DE ACORDO COM A INFLUÊNCIA DA FORMAÇÃO MUSICAL NA AMPLITUDE	151
TABELA 6.39 - TESTE DE MANN-WHITNEY U APLICADO DE ACORDO COM A INFLUÊNCIA DA FORMAÇÃO MUSICAL NA LATÊNCIA	152
TABELA 6.40 - TESTE DE MANN-WHITNEY U APLICADO DE ACORDO COM A INFLUÊNCIA DA FORMAÇÃO MUSICAL NA AMPLITUDE	152

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 5.1 – DISTRITO DE RESIDÊNCIA DO GRUPO 1 (ADULTOS)	112
GRÁFICO 5.2 – NÍVEL DE ESCOLARIDADE NO GRUPO 2 (CRIANÇAS)	113
GRÁFICO 6.1 – MARCAÇÃO DO MMN NO GRUPO 1 (ADULTOS)	120
GRÁFICO 6.2 – MARCAÇÃO DO MMN NO GRUPO 2 (CRIANÇAS)	121

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABR	Auditory Brainstem Response
A/D	Analógico – Digital
AM	Amplitude Modulada
ATP	Adenosina Trifosfato
ASSR	Auditory Steady-State Response
BERA	Brainstem Evoked Response Audiometry
CAE	Canal Auditivo Externo
CCI	Células Ciliadas Internas
CCE	Células Ciliadas Externas
COS	Complexo Olivar Superior
dB	déciBel
DL	Limiar Diferencial
ECoGhg	Electrococleografia
EEG	Electroencefalografia
Fc	Frequência de Corte
FM	Frequência Modulada
HL	Nível de Audição (Hearing Level)
Hz	Hertz
ISI	Intervalo Entre Estímulos
JND	Just Noticeable Difference
LL	Lemniscus Lateral

MMN	Mismatch Negativity
ms	milissegundos
m/s	metros por segundo
mV	miliVolt
NC	Núcleos Cocleares
PE	Português Europeu
PEA	Potenciais Evocados Auditivos
PEALL	Potenciais Evocados Auditivos De Longa Latência
PEAML	Potenciais Evocados Auditivos de Média Latência
PEATC	Potenciais Evocados Auditivos do Tronco Cerebral
SFF	Speaking Fundamental Frequency
SNR	Relação Sinal Ruído
SPL	Sound Pressure Level
s	Segundos
VOT	Voice Onset Time
μVolt	MicroVolt

INTRODUÇÃO

É através dos órgãos dos sentidos que o ser Humano estabelece contacto com o mundo exterior, sendo deste modo efectuada a aprendizagem e a aquisição de conhecimentos (FERNANDES, 2000). A audição implica um processo que ocorre ao longo de todo o sistema auditivo, desde o ouvido externo até ao córtex cerebral, sendo necessária uma avaliação auditiva periférica e central (KATZ, 1999).

O sistema que permite aos seres Humanos ouvir é bastante complexo e é constituído por três partes: ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno. O ouvido interno é responsável por duas funções essenciais: a audição, cujo processo está directamente relacionado com a cóclea e o equilíbrio, que ocorre ao nível dos canais semi-circulares (REIS, 1998).

Os novos materiais e métodos susceptíveis de avaliar não só a perda de audição mas os processos cognitivos envolvidos na audição e discriminação podem permitir uma melhor concepção nas estratégias médicas ou cirúrgicas (RUAH, et al., 1998a).

Os Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência (PEALL) são uma das áreas em se verifica um aumento do potencial clínico, verificando-se nos últimos anos um aumento circunstancial da sua utilização na investigação elaborada no âmbito dos processos cerebrais (memória e habituação), dos mecanismos relacionados com a representação neural e o processamento da fala (HALL, 2007).

Os PEALL disponibilizam um método psico-fisiológico que permite estudar a maturação do cérebro humano associado a diferentes aspectos do desenvolvimento cognitivo e da percepção, aprendizagem e memória apresentando informações não disponíveis nos estudos comportamentais (MÄÄTÄ, 2005), sendo considerado uma ferramenta que permite obter bastante mais informação do que as técnicas imagiológicas utilizadas actualmente (HALL, 2007).

Apesar das diversas potencialidades deste tipo de avaliação, o papel dos PEALL não é ainda relevante na prática clínica, sendo principalmente utilizado na área da investigação. Este facto deve-se não só à inexistência de protocolos estabelecidos para

a sua realização mas também devido à grande variabilidade de resultados obtido nos inúmeros estudos efectuados. A utilização de diversas metodologias e muitas vezes a utilização de estímulos inapropriados, podem explicar a grande variabilidade nos resultados e a falta de reprodutibilidade, sendo um dos principais problemas da utilização destes testes.

Surge a necessidade de avaliar o potencial dos PEALL de modo a desenvolver e criar novos instrumentos de avaliação, nomeadamente na utilização de estímulos de fala que permitam estudar de modo mais eficiente determinadas populações com necessidades específicas tais como indivíduos com dislexia, alterações do processamento auditivo central e plasticidade neuronal auditiva, afasias, dificuldades de aprendizagem, contribuindo para uma melhor compreensão dos processos neurológicos envolvidos e permitindo avaliar os benefícios da adaptação protésica e implantes cocleares em crianças. Deste modo é possível avaliar não só o processamento semântico mas também obter informações baseadas em processos acústicos e discriminação fonética (BEYNON, et al., 2004).

OBJECTIVOS

Esta investigação pretende estudar os protocolos utilizados na medição electrofisiológica com PEALL, mais propriamente o Mismatch Negativity (MMN) de modo a desenvolver diversos tipos de estímulos de fala, pretendendo-se comparar os resultados obtidos e avaliar qual o tipo de estímulos que apresenta um melhor desempenho na produção de MMN. Para tal serão desenvolvidas séries de paradigmas de estímulos de fala adaptadas ao Português Europeu e metodologias apropriadas de modo a contribuir para uma avaliação electrofisiológica dos PEALL mais específica para as várias necessidades clínicas.

ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O primeiro capítulo deste estudo consiste no enquadramento anatomo-fisiológico da audição e transmissão de sons e as estruturas mais relevantes para a captação electrofisiológica dos Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência.

O segundo capítulo procura esclarecer os aspectos mais relevantes na captação electrofisiológica dos PEALL, assim como a variabilidade de critérios entre autores na escolha do protocolo mais adequado à sua captação.

No terceiro capítulo pretendeu-se fazer uma breve descrição das diversas características acústicas e fonéticas relacionadas com a fala e sua subjacente produção, assim como as características distintivas mais importantes.

No quarto capítulo é feita uma breve descrição dos testes auditivos efectuados de modo a caracterizar-se os indivíduos estudados, de forma a incluir ou excluir elementos na amostra.

No quinto capítulo são explicadas as diversas etapas envolvidas nesta investigação.

No sexto capítulo é feita a apresentação dos resultados obtidos assim como as principais conclusões obtidas.

CAPITULO 1

1 ANATOMO-FISIOLOGIA DO SISTEMA AUDITIVO

A audição e os distúrbios a ela relacionados estão directamente interligados com a anatomia e fisiologia do sistema auditivo. Este é composto pelo ouvido e as vias neurológicas associadas (GELFAND, 2001; RUAH, et al., 1998b).

O sistema auditivo é normalmente dividido em dois componentes, podendo ser considerado como periférico ou central. À parte periférica corresponde o ouvido externo, o ouvido médio e o ouvido interno onde se localiza a cóclea e o nervo auditivo. Do sistema auditivo central fazem parte os núcleos cocleares, o complexo olivar superior, lemniscus lateral, colliculus inferior, o corpo geniculado medial, subcortex auditivo, o córtex e as vias auditivas inter-hemisféricas aferentes e eferentes (MUSIEK, et al., 2007a).

No ser humano o ouvido começa a desenvolver-se na 3ª semana de gestação adquirindo o tamanho adulto desde muito cedo (RUAH, et al., 1998b).

O sistema auditivo periférico está completamente formado na 20ª semana de gestação, o que permite que o feto ouça os sons da voz da mãe, enquanto que a parte central do sistema auditivo completa-se entre a 16ª e a 20ª semana após a concepção (MOORE, et al., 2004)

1.1 SISTEMA AUDITIVO PERIFÉRICO

O processo de audição inicia-se através da passagem do som do ouvido externo para o ouvido médio e deste para o ouvido interno e por conseguinte para as vias neurais do sistema auditivo periférico e central. Neste processo o som é convertido, no ouvido externo, de energia acústica para energia mecânica no ouvido médio e interno e posteriormente convertido na cóclea em impulsos bioeléctricos (MUSIEK, et al., 2007a).

O ouvido humano possui diversas características e capacidades que lhe permite uma sensibilidade elevada, permitindo captar sons na gama de frequências de 16 a 20000 Hz, embora esse valor possa variar ligeiramente em adultos e crianças, e para certas frequências a um nível de intensidade de 0 a 120 dB. Possui ainda a capacidade de adaptar as suas características de acordo com os sons que estão a ser ouvidos (HENRIQUE, 2002).

Na figura 1.1 pode observar-se as três partes que constituem o ouvido: ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno. No ouvido externo observa-se o pavilhão auricular e o canal auditivo externo (*ear canal*), que termina na membrana timpânica (*ear drum*). O ouvido médio (*middle ear*) é uma cavidade preenchida por ar que comunica com a faringe através da trompa de Eustáquio (*Eustachean tube*), e onde se encontram os três ossículos que formam a cadeia ossicular, o martelo (*malleus*), a bigorna (*incus*) e o estribo (*stapes*), efectuando a ligação entre a membrana timpânica e a janela oval. O ouvido interno é constituído pelo vestíbulo, canais semicirculares (*semicircular canals*) e cóclea (*cochlea*), sendo estes os órgãos sensoriais da audição e do equilíbrio (RUAH, et al., 1998b).

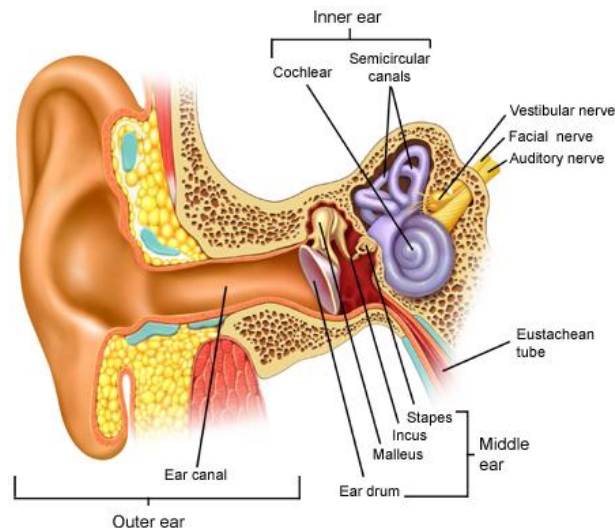


FIGURA 1.1 – OUVIDO EXTERNO, MÉDIO E INTERNO (VIRTUALMEDICALCENTRE.COM, 2007)

Pode observar-se no ouvido externo o canal auditivo (*ear canal*) que termina na membrana timpânica (*ear drum*).

1.2 TRANSMISSÃO DO SOM

Quando o som chega ao ouvido externo sofre uma amplificação por parte do pavilhão auricular, para depois causar a vibração da membrana timpânica e a consequente vibração da cadeia ossicular. O estribo vai então vibrar como uma alavanca oscilante, fazendo com que a janela oval se desloque para dentro e para fora, transmitindo esta vibração aos fluidos cocleares (GUYTON, et al., 1998).

No entanto, os sons que chegam ao tímpano são afectados pelas características acústicas do canal auditivo externo, que funciona como um ressoador, visto ser um tubo, aberto numa ponta e fechado noutra. Por conseguinte, os sons que estiverem perto da frequência de ressonância do canal auditivo externo vão ser realçados, resultando num aumento do nível da pressão sonora (SPL). Este fenómeno designa-se por efeito de ressonância do canal auditivo externo (GELFAND, 2001).

O som é então transmitido à cóclea. A impedância dos fluidos cocleares é muito superior à do ar, o ouvido médio supera esta diferença de impedâncias actuando como um amplificador mecânico, aumentando o sinal original, de modo a que a energia possa ser transmitida eficazmente à cóclea. Este amplificador funciona através da combinação de três mecanismos, o sistema de alavanca da cadeia ossicular, a forma arqueada da membrana do tímpano e a relação superfície do tímpano/superfície da janela oval (GELFAND, 2001).

A transmissão das vibrações da membrana do tímpano para a janela oval ocorre de forma a verificar-se uma boa adaptação à impedância do meio gasoso (menor) para o meio líquido (maior), onde está o ouvido interno. Este processo envolve dois aspectos, a cadeia ossicular e a área da membrana da janela oval (HENRIQUE, 2002).

Os ossículos têm um papel importante na igualização da impedância entre o ar do ouvido externo e os fluidos do ouvido interno. Nos casos em que não existem os ossículos a energia é reflectida e apenas uma parte é transmitida aos fluidos do ouvido interno. Isto pode diminuir a capacidade auditiva em cerca de 30 dB (MULLIN, et al., 2003).

A cadeia ossicular actua como um conjunto de alavancas, onde se verifica para os sons de menor intensidade um aumento da amplitude do movimento em cerca de três vezes, ou seja, o estribo pode chegar a movimentar-se em relação ao tímpano, três vezes mais. Ao fazer-se a comparação das áreas da membrana da janela oval e a membrana timpânica, a área da janela oval é cerca de 17 vezes inferior à do tímpano, sendo que a pressão que o estribo exerce sobre a membrana da janela oval é muito superior $p = \frac{F}{A}$ (HENRIQUE, 2002).

Verifica-se que a área da superfície da membrana timpânica é cerca de 55 milímetros quadrados (correspondendo a 2/3 da área total do tímpano) enquanto a área da superfície do estribo é em média 3,2 milímetros quadrados (GUYTON, et al., 1998).

Esta diferença de áreas corresponde a uma pressão 17 vezes superior no estribo, o que resulta num aumento de 24, 6 dB, de acordo com a equação:

$$Lp = 20 \log p/p_0 \text{ em que } p/p_0=17 \Rightarrow 20 \times 1,23 = 24,6 \text{ dB}$$

Na figura 1.2 observa-se as diferenças de pressão entre o tímpano (P_1) e a janela oval (P_2) resultantes das diferenças de áreas entre eles, A_1 e A_2 respectivamente.

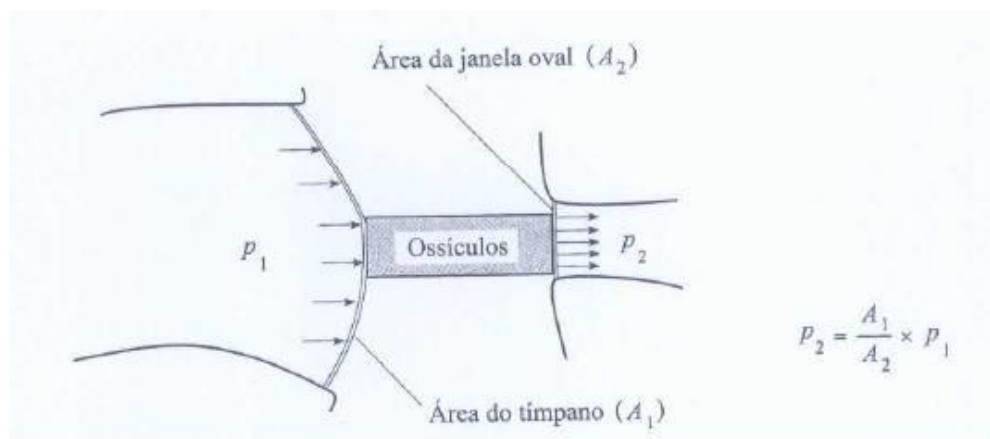


FIGURA 1.2- DIFERENÇA DE PRESSÃO ENTRE O TIMPANO E A JANELA OVAL (HENRIQUE, 2002)

Ao considerar-se que a força exercida sobre a membrana da janela oval é superior àquela que é exercida pela membrana timpânica, devido ao sistema de alavanca dos ossículos, pode-se verificar que o fulcro da força não está a meio, sendo variável de acordo com a adaptação do próprio sistema auditivo (HENRIQUE, 2002). Na figura

seguinte (figura 1.3) encontra-se esquematizado o sistema de alavancas do ouvido médio, verificando-se que a força exercida sobre a membrana da janela oval (F_2) é superior àquela que é exercida pela membrana timpânica (F_1).

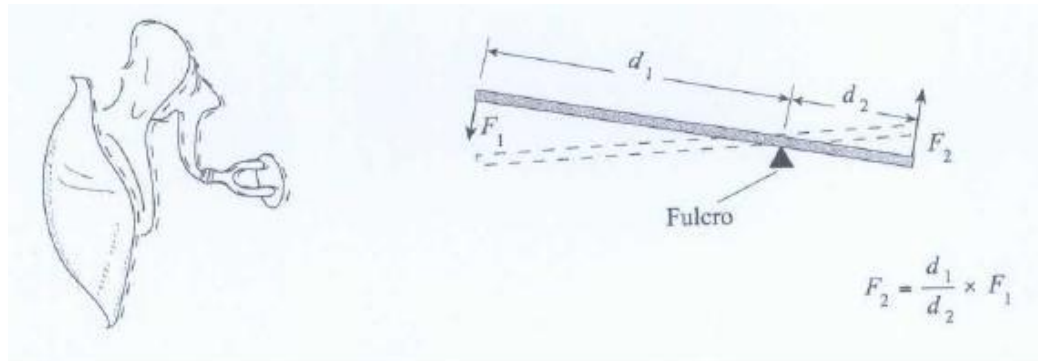


FIGURA 1.3 – A CADEIA OSSICULAR COMO UM SISTEMA DE ALAVANCAS (HENRIQUE, 2002)

A cóclea é um dos mecanismos do sistema auditivo que permite a selectividade frequencial e a sensibilidade aos sons, que pode ser explicada através da Teoria da Onda Viajante, descoberta por Békesy nos anos 40 que propõe que a membrana basilar na cóclea vibra com máxima amplitude de acordo com o local estimulado e dependendo da frequência de estimulação, respondendo assim às alterações de pressão resultantes do movimento ossicular do ouvido médio (LOIZOU, 1998). Na figura seguinte (figura 1.4) pode observar-se a selectividade frequencial da cóclea de acordo com o comprimento das fibras basilares nas diferentes regiões da membrana basilar.

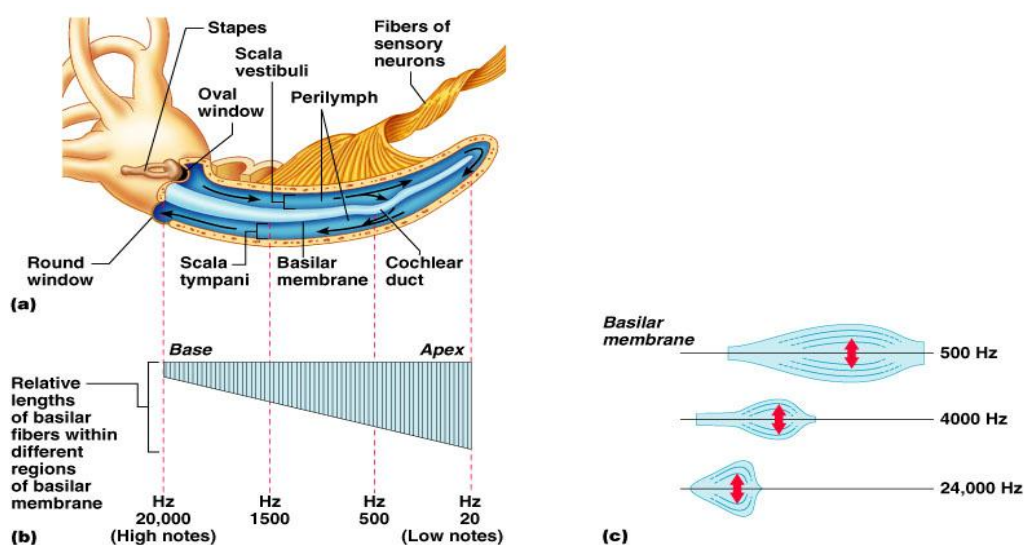


FIGURA 1.4- SELECTIVIDADE FREQUÊNCIAL DA CÓCLEA (PEARSON EDUCATION INC, 2004)

A teoria veio demonstrar um mecanismo que identificava na cóclea a responsabilidade da especificidade frequencial, onde é demonstrado o tonotopismo da cóclea, evidenciando que cada localização distinta da cóclea é activada por frequências específicas que as estimula preferencialmente, ou seja aos sons agudos ocorre uma estimulação junto à base e aos sons graves corresponde uma activação mais apical (RUAH, 2002).

Os movimentos do estribo preso à membrana da janela oval vão transmitir a onda sonora através dos líquidos do ouvido interno, percorrendo todo o caracol desde a rampa vestibular até à rampa timpânica, onde a janela redonda irá funcionar como amortecedor, evitando assim a sua reflexão. Na membrana basilar forma-se uma onda viajante que a percorre, entrando os cílios do órgão de corti em acção, estimulando as fibras nervosas na base das células. Esta tensão desencadeia micro-correntes eléctricas que são posteriormente transmitidas às fibras nervosas do nervo acústico (Auditivo) (HENRIQUE, 2002). Na figura 1.5 pode observar-se a onda viajante percorrendo a cóclea desde a base até ao ápex.

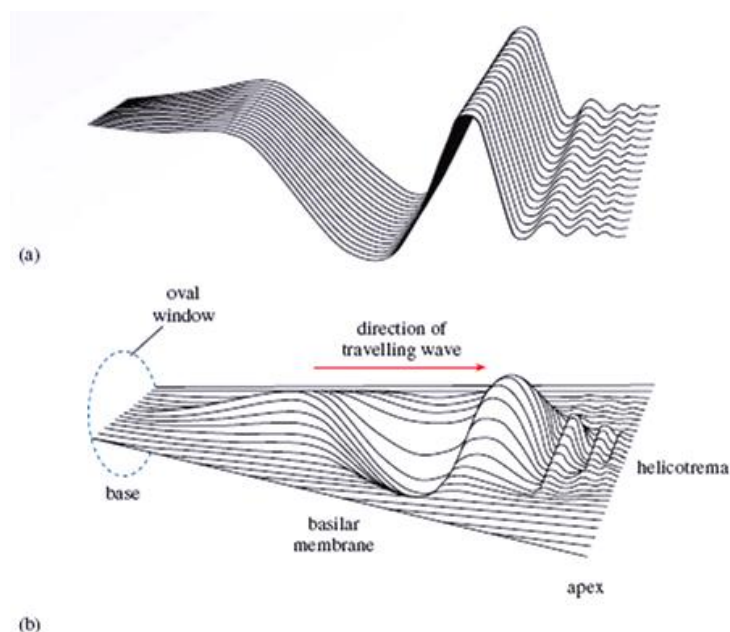


FIGURA 1.5-ONDA VIAJANTE (OPEN UNIVERSITY, 2005)

Os neurónios do gânglio espiral do nervo auditivo são a única via onde a transdução dos sinais da cóclea são transmitidos para o sistema auditivo central. Como cada gânglio espiral do tipo I apenas contacta com uma célula ciliada interna, a actividade neural de

cada fibra reflecte uma parte bastante reduzida da informação coclear (MUSIEK, et al., 2007b).

A unidade básica da condução nervosa é o neurónio, uma célula altamente especializada. Esta célula é constituída por um corpo celular e as suas extensões nervosas, as dendrites (figura 1.6) que conduzem os impulsos nervosos aferentes (ZEMLIN, 2000).

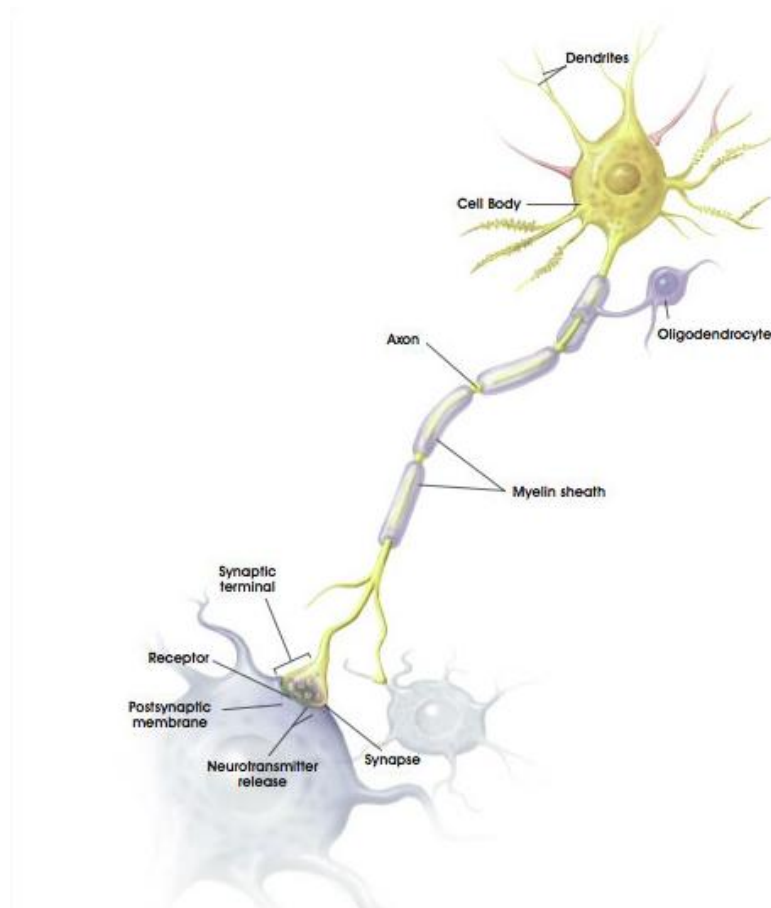


FIGURA 1.6 - ESTRUTURA DO NEURÓNIO (U.S: DEPARTEMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, 2001)

Os neurónios são especializados na geração, integração e condução de sinais que provêm do exterior ou de outros neurónios conduzindo a informação a outras células excitáveis (TZANAKOU, et al., 2006).

As interações entre neurónios dão-se através das sinapses, sendo o tipo mais comum as sinapses químicas, onde se estabelece um gradiente electroquímico. No processo pré-sináptico verifica-se a libertação de uma substância transmissora que se difunde através da junção sináptica entre os neurónios, ocorrendo posteriormente um processo pós-sináptico. É assim convertido um sinal eléctrico pré-sináptico num sinal químico que

depois se transforma novamente num sinal eléctrico pós-sináptico. Esta conexão simples impõe ao neurónio receptivo excitação ou inibição (HAYKIN, 2001).

Um neurónio pode estabelecer sinapse com milhares de neurónios, integrando estes sinais eléctricos. Em situação de repouso, o neurónio possui um gradiente electroquímico dinâmico através da sua membrana plasmática, devido à diferença de concentrações de iões de diferentes cargas dentro e fora da célula. Existe uma maior concentração de iões potássio e menor concentração de iões sódio no interior da célula quando esta se encontra em repouso, e verifica-se que a membrana é mais permeável ao potássio do que ao sódio devido à presença de canais que se abrem. Esta permeabilidade selectiva da membrana faz com que o potencial de repouso seja cerca de -70 mV. Ao ocorrer a estimulação neural, observa-se uma despolarização da membrana para potenciais mais positivos, de cerca de +30 mV, durante cerca de 1 milissegundo (ms) seguindo-se uma repolarização em que a membrana retoma o potencial do seu estado de repouso. Esta variação de potencial resulta no potencial de acção e constitui a passagem do impulso nervoso. Após essa estimulação verifica-se um período refractário durante o qual a célula não responde a novas estimulações (HENRIQUE, 2002; GUYTON, et al., 1998).

No início de um potencial de acção os iões tendem a passar de uma zona onde a sua concentração é elevada para uma onde a sua concentração é menor, devido de um grande número de canais de sódio sensíveis à voltagem. Isto permite uma súbita entrada de sódio causando uma rápida despolarização da membrana plasmática, fazendo com que mais canais de sódio abram. À medida que a membrana despolariza, regista-se também a abertura progressiva de alguns canais de potássio sensíveis à voltagem. A presença de uma camada isolante de mielina ao redor de alguns axónios permite que a transmissão do potencial de acção ocorra mais rapidamente. A camada de mielina ao longo do axónio é descontínua, existindo pequenas zonas do axónio expostas ao meio extracelular (designadas por nódulos de Ranvier) que possuem uma maior densidade de canais de sódio sensíveis à voltagem. Isto permite uma mais rápida propagação do sinal propagando-se pelas regiões não mielinizadas. O impulso nervoso pode atingir uma velocidade de até 100 ms (HENRIQUE, 2002; GUYTON, et al., 1998).

1.3 SISTEMA AUDITIVO CENTRAL

Este sistema é constituído por duas vias: a aferente, que se inicia na cóclea e termina no córtex auditivo, sendo esta via no sentido ascendente, e a via eferente, cujos neurónios eferentes que comunicam com o órgão de Corti são provenientes do bulbo olicoclear, sendo esta via no sentido descendente (GELFAND, 2001). Neste trabalho será apenas abordada a via aferente.

A via auditiva aferente inicia-se nos Núcleos Cocleares, grupos dos núcleos do Tronco Cerebral incluindo o Complexo Olivar Superior, núcleos do Lemniscus Lateral, o Colliculus Inferior e o sistema Tálamo-Cortical que consiste no Corpo Geniculado Medial, no Tálamo e termina nas múltiplas áreas do Córtex Cerebral (CLOPTON, et al., 2006). Na figura 1.7 está esquematizado o percurso do som desde o ouvido externo onde é captado até ao Córtex Cerebral onde é processado, percorrendo as estruturas referidas anteriormente.

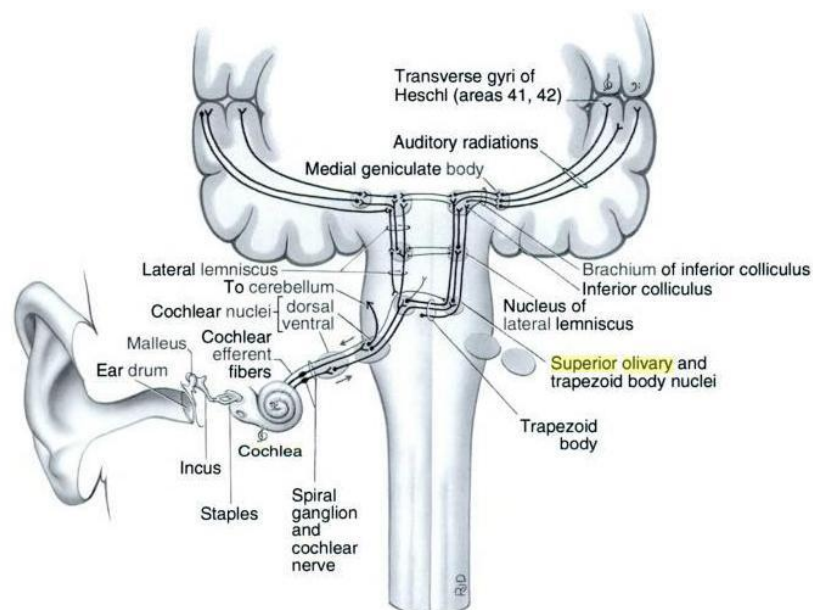


FIGURA 1.7 - VIAS AUDITIVAS (NOBACK, ET AL., 2006)

NÚCLEOS COCLEARES

As fibras do nervo auditivo conectam-se com a primeira estrutura do sistema auditivo central, os núcleos cocleares (NC). Funcionalmente apresenta bastantes similaridades com o nervo auditivo, sendo responsável por preservar a informação auditiva neural codificada, que é transmitida através do nervo auditivo, aumentando o sinal ao mesmo tempo. Os núcleos cocleares também iniciam o processamento das representações neurais dos sinais acústicos. A precisão e a complexidade da entrada do sinal são bastante importantes na audição e na acuidade auditiva nos ambientes acústicos (MUSIEK, et al., 2007a).

Os núcleos cocleares podem dividir-se em três regiões: anteroventral anterior à entrada do nervo, posteroventral e dorsal, cada um com um ou mais tipos de neurónios distintos e conexões. A organização tonotópica é mantida devido ao facto de os axónios de cada fibra auditiva do tipo I, nos ramos do nervo auditivo, conectam-se a várias porções do baixo tronco cerebral, conectando-se a cada uma das três divisões. O nervo auditivo bifurca-se após entrar no baixo tronco cerebral, conectando-se a várias porções dos núcleos cocleares, ligando-se à porção anteroventral e mais posteriormente à porção posteroventral (CLOPTON, et al., 2006).

A grande maioria das fibras que se conectam com os NC são do tipo I no entanto pensa-se que as fibras do tipo II apresentam conexões bastante importantes, podendo inter-ligar as diferentes regiões dos NC (MUSIEK, et al., 2007a).

A categorização dos neurónios dos núcleos cocleares depende de diversos factores tais como a morfologia celular, campos de resposta a sons, resposta a estímulos de banda larga e estímulos binaurais, fisiologia dos canais membranares, conectividade aferente e eferente e expressão molecular. Verifica-se que nos NC ocorrem diferentes respostas aos estímulos, estando relacionadas com as diferentes funções que as células assumem, existindo áreas apenas excitadas ou inibidas de acordo com as combinações de frequência intensidade do estímulo acústico, demonstrando uma especificidade frequencial, não tendo no entanto resposta a altas intensidade ou sons de bandas frequenciais largas, respondendo de acordo com a especificidade neuronal (CLOPTON, et al., 2006).

Os NC são também responsáveis pela codificação de intensidades e a codificação da integridade temporal, processando a informação temporal de um estímulo periódico (MUSIEK, et al., 2007a).

Após o processamento estar completo nos NC os impulsos neurais são transmitidos para outros núcleos ao longo das vias auditivas em ambos os lados do tronco cerebral. As conexões ipsilaterais e contralaterais dos núcleos mais elevados do sistema auditivo central permitem um processamento sequencial em ambos e paralela ao longo do sistema auditivo. As saídas neurais dos NC apresentam três vias principais: a ventral, a dorsal e a estria acústica intermédia (MUSIEK, et al., 2007a).

COMPLEXO OLIVAR SUPERIOR

O complexo olivar superior (COS) localiza-se entre os núcleos cocleares e a linha média do tronco cerebral. É constituído principalmente pelos núcleos olivares laterais e mediais e os núcleos mediais do corpo trapezóide. Os núcleos superiores olivares laterais contêm neurónios que detectam as diferenças binaurais de intensidade enquanto os núcleos olivares mediais identificam diferenças interaurais temporais. O COS é dominado principalmente pelos núcleos mediais que recebem os impulsos neurais directamente dos núcleos cocleares ventrais (HACNEY, 2006).

A sua organização é também tonotópica, sendo no núcleo olivar superior medial que as altas frequências estão representadas no final da região ventral da estrutura e as baixas frequências estão presentes na região final dorsal. O COS apresenta conexões ipsilaterais e contralaterais com o colliculus inferior, em que as fibras dos núcleos mediais se projectam ipsilateralmente para o núcleo central do colliculus inferior, enquanto outras se conectam contralateralmente ao colliculus inferior e aos núcleos dorsais do lemniscus lateral. As projecções dos núcleos Olivares superiores laterais são bilaterais, com os neurónios da região lateral dos núcleos (área das baixas frequências) a conectarem-se principalmente ao colliculus inferior ipsilateral, e os neurónios da região medial dos núcleos (área de altas-frequências) a estabelecerem-se com o colliculus inferior contralateral (MUSIEK, et al., 2007a).

O COS desempenha um papel de extrema importância na localização e lateralização da informação acústica. De forma a localizar os sons é feita uma comparação da informação de ambos os ouvidos, ocorrendo uma fusão da combinação das indicações binaurais. Existem diferentes mecanismos para localizar sons de baixas e altas frequências. Nas altas frequências a cabeça tem um efeito de sombra produzindo diferenças na intensidade dos sinais que chegam a ambos os ouvidos. Esta diferença é analisada nos núcleos superiores olivares laterais, em que os núcleos cocleares anteroventrais excitam os núcleos laterais ipsilaterais e inibem os núcleos laterais contralaterais através de fibras que cruzam no corpo trapezóide. Nas baixas frequências (abaixo dos 3000Hz) os núcleos mediais comparam as diferenças temporais e de fase dos sinais que chegam dos núcleos cocleares anteroventrais, para localizar a fonte sonora. Quando um som chega aos dois ouvidos em tempos diferentes, as fibras dos núcleos cocleares anteroventrais viajam uma distância mais curta para os núcleos Olivares superiores mediais ipsilaterais do que as fibras que terminam no núcleo olivar superior medial contralateral (NOBACK, et al., 2006).

O Arco-Reflexo

Pode ser referido no ouvido médio, na cóclea, nervo auditivo e núcleos cocleares mas é no complexo olivar superior que desempenha um dos papéis mais importantes na fisiologia da audição. Para o arco reflexo contribui o músculo estapédico que está ligado à porção posterior da cabeça do estribo. A contracção reflexa após um estímulo acústico de elevada intensidade vai provocar o movimento da platina do estribo e a deslocação dos ossículos para dentro e para fora da janela oval vai ser atenuada assim como a vibração da platina do estribo. O músculo estapédico é enervado pelo nervo facial enquanto o músculo tensor do tímpano é enervado pelo nervo trigémio. Após a estimulação com sons fortes intensos as células cocleares transmitem os impulsos ao nervo auditivo e deste a transmissão ocorre para o núcleo coclear ventral ipsilateral (NORTHERN, et al., 1999).

Posteriormente verifica-se directamente a transmissão à parte medial dos núcleos motores do facial, através do corpo trapezóide, visto que a maioria dos neurónios dos

núcleos cocleares ventrais passam por esta estrutura. Depois vai através do nervo facial para o músculo estapédico ipsilateral. Devido às ligações do núcleo coclear ventral com o corpo trapezóide e o núcleo olivar superior medial ipsilateral, algumas fibras não vão directamente para os núcleos motores do facial mas passam os impulsos para o núcleo olivar superior medial ipsilateral e são depois transmitidos à parte medial do núcleo motor do facial ipsilateral. No arco reflexo contralateral a transmissão dos impulsos verifica-se do nervo auditivo para os núcleos cocleares e posteriormente para o núcleo olivar superior medial onde se verifica o cruzamento das vias para o núcleo motor facial contralateral, estimulando o núcleo estapédico contralateral (NORTHERN, et al., 1999).

LEMNISCUS LATERAL

O lemniscus lateral (LL) é a via auditiva primária do tronco cerebral e é constituído por fibras ascendentes e descendentes.

Podem ser distinguidos em núcleos ventrais do LL e núcleos dorsais. É constituído por neurónios dos núcleos cocleares contralaterais assim como por fibras do complexo olivar superior ipsilateral e imediatamente lateral aos núcleos Olivares superiores laterais. Esta fibra termina no colliculus inferior. A cerca de $\frac{3}{4}$ da via encontra-se a comissura de Probst que liga o LL da via Ipsilateral e contralateral (MUSIEK, et al., 2007a). Os núcleos ventrais do LL recebem na sua maioria conexões aferentes, sendo a principal ligação do núcleo coclear ventral. Os núcleos ventrais do LL recebem também algumas fibras de alguns segmentos do complexo olivar superior (NOBACK, et al., 2006). Pensa-se que os núcleos ventrais do LL apresentam uma porção larga de células que são sensíveis a diferenças temporais interaurais.

COLLICULUS INFERIOR

É uma estrutura dupla que se situa na parte superior do tronco cerebral. Cada colliculus apresenta um núcleo central e um núcleo paracentral (TZANAKOU, et al., 2006).

Muitas das estruturas das vias descendentes e ascendentes convergem no colliculus inferior, tais como os núcleos cocleares e lemniscus lateral na via ascendente e o colliculus superior, tálamos e córtex na via descendente. É considerado como a fonte de entrada da informação ascendente para o complexo geniculado medial e das projecções

descendentes dos níveis inferiores do tronco cerebral. Estas ligações tornam o colliculus como uma das principais estruturas na integração da informação monoaural e binaural, processada nos centros auditivos inferiores e superiores, onde se inclui córtex. O colliculus é muitas vezes dividido em três subnúcleos: um central, um externo e um pericentral ou dorsal. Recebe conexões ipsilaterais e contralaterais dos núcleos cocleares, COS e lemniscus lateral, estando a maioria das projecções organizadas tonotopicamente (WEINER, et al., 2003). Na figura 1.8 pode observar-se o corte coronal, horizontal e sagital do córtex, centrado no colliculus superior na primeira imagem da esquerda e no colliculus inferior nas restantes.

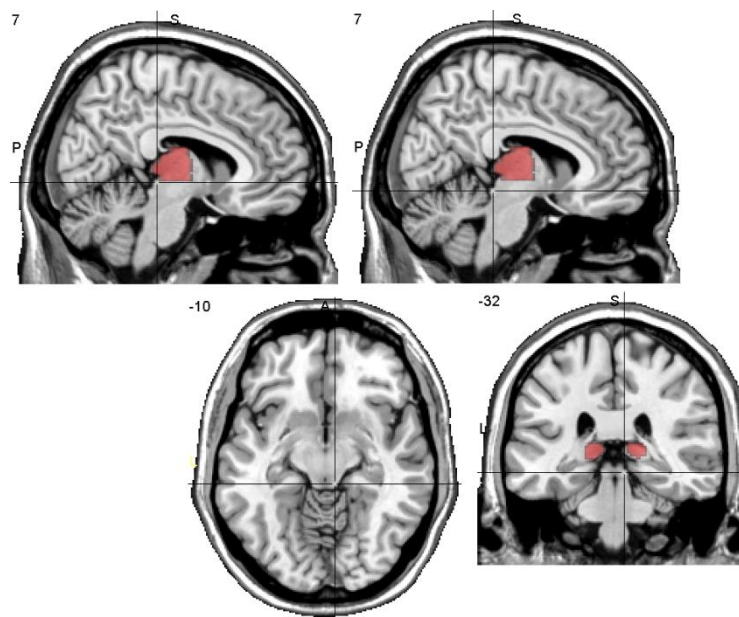


FIGURA 1.8 – CORTE CORONAL, HORIZONTAL E SAGITAL DO COLICULUS (CENTRADO NO SUPERIOR NA PRIMEIRA IMAGEM DA ESQUERDA E NO INFERIOR NAS RESTANTES) (GRAHN, 2008)

O colliculus comunica também com o colliculus contralateral através de uma comissura. O núcleo central é a maior divisão e apresenta células laminadas distintas em isofrequências (TZANAKOU, et al., 2006).

A informação monoaural e binaural que converge das projecções com os núcleos cocleares e com o núcleo olivar superior medial ipsilateral é excitatória enquanto que a informação proveniente dos núcleos dorsais do Lemniscus lateral que chega ao núcleo central do colliculus e do núcleo lateral olivar superior é inibitória. Estas ligações permitem a identificação da localização espacial do som, sendo no entanto difícil determinar que processos binaurais ocorrem no colliculus em oposição a serem

transmitidos do complexo olivar superior e núcleo do Lemeniscus lateral (TZANAKOU, et al., 2006).

O núcleo central apresenta uma organização tonotópica com as baixas frequências representadas dorsalmente e lateralmente e as altas frequências representadas ventro-medialmente. O colliculus é especialmente conhecido pela sua variedade de resposta à cadência do estímulo em que alguns neurónios atingem o máximo de cadência 5 a 10 dB acima do limiar e o ponto de saturação a altas intensidades. As células sensíveis aos tempos de integração interaural e intensidade contribuem para a habilidade dos seres humanos em detectar a fonte sonora que se move. Esta estrutura demonstra também uma resposta neural previsível a detectar gaps (identificar intervalos/interrupções na estimulação) nos estímulos, resultando num défice na função auditiva quando ocorrem danos no colliculus (MUSIEK, et al., 2007a).

Sugere-se que o colliculus esteja também envolvido na localização espacial dos sons, devido a, tal como os núcleos do Lemeniscus lateral, enviar projecções para o colliculus superior onde os mapas auditivos e visuais são comparados (HACNEY, 2006).

Em termos neurais a resposta ocorre diferentemente de acordo com a organização do colliculus, sendo principalmente sensível às diferenças interaurais de intensidade e fase assim com às diferenças binaurais, sendo considerado que é mais sensível a sons complexos do que a sons puros (WEINER, et al., 2003).

Embora não exista consenso entre os autores considera-se a possibilidade de existirem mapas com determinadas respostas neurais, a diferentes características acústicas tais como a intensidade do estímulo, à melhor frequência modulada assim como à melhor frequência e o melhor ângulo azimute. O colliculus está envolvido em diversos processos auditivo-motores em que se considera que o colliculus apresenta ligações com o tronco cerebral e medula espinhal, que apesar de serem bastante reduzidas podem estar envolvidas com o reflexo de virar a cabeça e olhos em resposta a um som (HACNEY, 2006).

O colliculus inferior transmite ipsilateralmente e contralateralmente a informação para o corpo geniculado medial, além da comissura do culliculus. O núcleo central projecta-se

para o corpo geniculado medial ventral e para o núcleo posterior do tálamo. As fibras provenientes do colliculus dorsal e medial conectam-se com o corpo geniculado medial ventral. A maioria das fibras cruzadas do colliculus liga-se com a divisão medial do corpo geniculado medial (MUSIEK, et al., 2007a).

CORPO GENICULADO MEDIAL

Apresenta conexões bilateralmente com o colliculus, assim como apresenta conexões recíprocas com o córtex auditivo. Anatomicamente é considerado uma projecção arredondada na superfície ventro-lateral do tálamo. Considera-se que se divide em três núcleos principais, o ventral, o medial e o dorsal. No entanto em humanos a divisão ventral recebe uma projecção topográfica do núcleo central do colliculus e a divisão dorsal do córtex dorsal. A divisão medial recebe informação do colliculus central e externo assim como de fontes visuais e vestibulares (HACNEY, 2006).

Além do corpo geniculado medial existem também três outras estruturas localizadas no tálamo, com funções importantes. Estas são os núcleos posteriores, o pulvinar e o reticular, desempenhando um papel no processo auditivo. O corpo geniculado apresenta uma organização topográfica, onde ocorre uma progressão dos baixos para as altas frequências do lateral para o medial no segmento ventral. Ocorre também nesta estrutura a codificação da intensidade através de fibras monotópicas e não monotópicas, em que algumas apenas respondem a altas intensidade e outras pelo contrário só respondem a baixas intensidades. O corpo geniculado é também activo na localização do som e na sua lateralização, assim como outras estruturas do tálamo, no entanto apenas as células do corpo geniculado são sensíveis a diferenças interaurais de tempo e intensidade (MUSIEK, et al., 2007a).

Apresenta também funções no processamento temporal, em que a maioria das suas células responde a vários estímulos transitórios repetidos rapidamente, na ordem das centenas de estímulos por segundo. No entanto algumas dessas células não respondem a esse tipo de estimulação transitória, enquanto outras apenas respondem entre estimulações, indicando a complexa interacção existente (MUSIEK, et al., 2007a).

CÓRTEX AUDITIVO

O córtex Auditivo pode ser distinguido em córtex auditivo primário e secundário. O córtex auditivo primário localiza-se na circunvolução temporal superior (área 41 de Brodmann) adiante da área de Wernicke. A maioria da actividade neural que atinge o córtex auditivo primário, tem origem no ouvido contralateral (PEREIRA, et al., 2003).

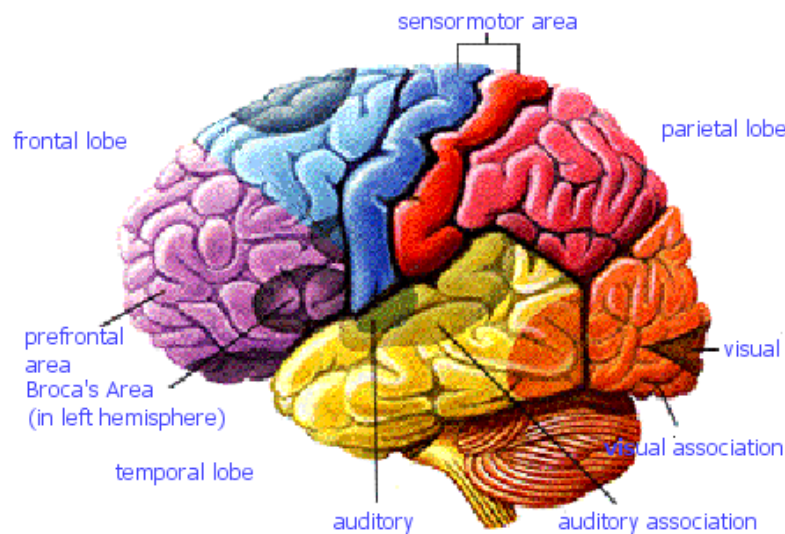


FIGURA 1.9- DIVISÃO DO CEREBRO EM ÁREAS (GRAHN, 2008)

O córtex auditivo primário é a substância cinzenta que se localiza nos 2/3 posteriores da superfície posterior horizontal do giro temporal superior ou giro de Heschl. Este giro difere nos hemisférios direito e esquerdo. Posteriormente encontra-se a região da área de Wernicke, sendo esta área responsável pelo reconhecimento dos estímulos linguísticos e da compreensão da fala. O plano temporal é a região cortical mais posterior à fissura de Sylvian, onde se localiza a região de associação temporal e relacionada à linguagem. Nos seres humanos esta região é maior no lado esquerdo do cérebro. O fascículo arcuato estabelece a ligação entre a área de Wernicke com o lobo frontal, na área de Brocca (figura 1.9), sendo responsável pela saída de impulsos motores da fala (AQUINO, et al., 2002). Na figura 1.10 pode observar-se as funções relacionadas com o córtex destacando-se as áreas 39, 40 e 44/45, que representam

respectivamente o Giro angular (parte da área de Wernicke), Giro supramarginal (parte da área de Wernicke) e Área de Broca.

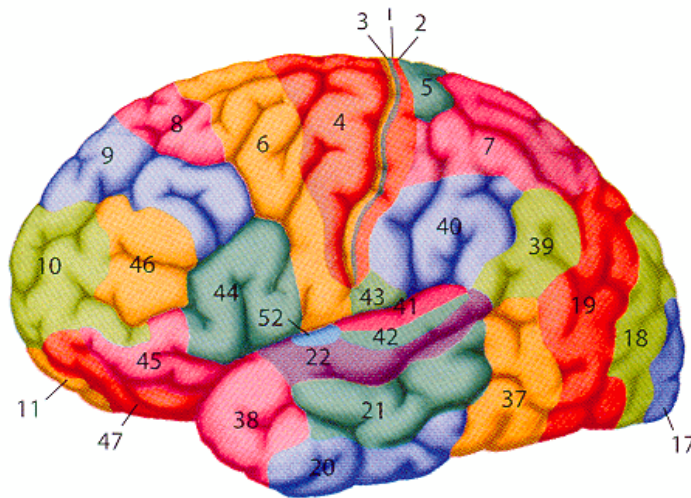


FIGURA 1.10-ÁREA DE BRODMAN E FUNÇÕES ASSOCIADAS (GRAHN, 2008)

Legenda:

- 1,2 e 3 – Córtex sensorial primário
- 4 – Córtex motor
- 5 e 7 – Córtex sensorial secundário
- 6 – Área motor suplementar (medial) e córtex pré-motor (lateral)
- 8 – Campos frontais do olho
- 9/46 – Córtex pré-frontal dorsolateral
- 10 – Córtex frontopolar
- 11 e 12 – Áreas orbitofrontal
- 17 – Córtex primário visual
- 18, 19, 20, 21 e 37 – Córtex secundário visual
- 24 e 32 – Córtex cíngulo anterior
- 41 – Córtex auditivo primário
- 22 e 42 – Córtex auditivo secundário
- 39 – Giro angular (parte da área de Wernicke)
- 40 – Giro supramarginal (parte da área de Wernicke)
- 44/45 – Área de Broca
- 47 – Cortéx pré-frontal ventrolateral

A ínsula de Reil é a maior estrutura localizada medialmente em relação ao lobo temporal. Situa-se na fissura de Sylvian e está coberta por segmentos dos lobos

temporais, frontal e parietal. Considera-se que esta estrutura pode ser acusticamente responsável no processo auditivo. O giro de Hesch's está organizado tonotopicamente, com as frequências baixas e altas organizadas posterior e medialmente o que indica que o córtex é também responsável pela codificação frequencial. O córtex reflecte também os aumentos de intensidade dos sinais acústicos, considerando-se a existência de duas classes de neurónios, onde numa dessas classes estão incluídos os neurónios que aumentam a sua velocidade de activação com o aumento da intensidade, sendo esse aumento até atingir o limite fisiológico. Esses mecanismos são chamados de monotópicos. O outro tipo de neurónios funciona de um modo totalmente oposto, sendo que pequenos aumentos na intensidadedo estímulo diminuem a sua velocidade de activação, recebendo provavelmente entradas não inibitórias nas frequências adjacentes à sua frequência característica (MUSIEK, et al., 2007a).

No entanto o aumento da intensidade de estimulação provoca decréscimo da latência nos diversos potenciais evocados sendo isso verificado nos PEALL (STAPELLS, 2009).

O córtex auditivo responde melhor a sinais com amplitude modulada (AM) e frequência modulada (FM) que apresentam uma modulação menor que 50 vezes por segundo, sendo essa característica importante a considerar no caso dos potenciais de média latência. Apesar do córtex não responder bem a estímulos periódicos apresenta uma boa resposta a estímulos de fala, apresentados dicoticamente. Os sons da fala parecem activar áreas imediatamente anteriores ao giro de Hesch em ambos os hemisférios, embora alguns autores considerem que palavras e sílabas activam áreas posteriores e anteriores do giro de Hesch mas apenas no hemisfério esquerdo. Em estudos dicóticos com estímulos de fala considerou-se que apesar de ambos os hemisférios serem activados, o hemisfério esquerdo apresentava maior activação (MUSIEK, et al., 2007a).

A discriminação de padrões acústicos requer vários tipos de processamento, incluindo a sequenciação temporal dos eventos acústicos individuais assim como a discriminação dos elementos acústicos. Considera-se também que o córtex auditivo apresenta um papel importante na audição no ruído (MUSIEK, et al., 2007a).

Apresenta também uma função relacionada com a localização do som, resultante da interacção binaural que ocorre no córtex, sendo que as diferenças interaurais de intensidade e de tempo servem de base para a localização. Vários potenciais evocados

auditivos são gerados pelo córtex auditivo, embora a localização precisa dos geradores seja difícil de determinar.

ÁREA DE BROCA

Ocupa a circunvolução frontal inferior (pars opercularis e um pequeno segmento posterior da pars triangularis), no hemisfério dominante correspondendo à área 44 de Brodmann, e às margens das áreas 6, 12, 45 e 47. Constitui o componente sintático-articulatório da linguagem sendo considerado que muitas mulheres têm também áreas motoras da fala nas circunvoluções frontais inferiores bilateralmente. É responsável por gerar sinais para a musculatura (dependente do córtex motor) produzir sons significativos (PEREIRA, et al., 2003).

ÁREA DE WERNICKE

Localiza-se no segmento posterior do giro temporal superior, na sua face dorsal, atrás do giro de Heschl e adiante do giro angularis. Corresponde às áreas 22, 37, 39 e 40 de Brodmann e constitui o componente léxico-semântico da linguagem. Alguns autores consideram a existência de uma organização hierárquica dorso-ventral do lobo temporal, no processamento da fala. De acordo com esta consideração, a informação segue de cima para baixo, das regiões relacionadas com a audição, na circunvolução temporal superior (CTS) que respondem a aspectos simples do sinal auditivo (córtex auditivo primário), aos lábios do sulco temporal superior (STS) e face lateral da circunvolução temporal superior relacionados com fenómenos auditivos mais complexos, e abaixo do STS, na face látero-ventral do lobo temporal, às regiões relacionadas com os processos léxico-semânticos (PEREIRA, et al., 2003).

CORPO CALOSO

É responsável por conectar os dois hemisférios, esquerdo e direito, sendo constituído pela maior fibra do cérebro composta por 2 milhões ou mais de fibras, com cerca de 6.5

centímetros de comprimento em adultos e 0.5 a 1 centímetro de diâmetro (MUSIEK, et al., 2007a).

O corpo caloso (CC) apresenta dois tipos de fibras, as homolaterais ou homotópicas que conectam um lado do hemisfério para o mesmo local no hemisfério oposto, através do CC, e as heterolaterais ou heterotópicas que se conectam a diferentes locais (MUSIEK, et al., 2007a).

Embora os dois hemisférios cerebrais trabalhem conjuntamente e complementando-se, no que se refere ao processamento dos vários tipos de estímulos sensoriais existem algumas diferenças. Nos indivíduos destros (indivíduos que utilizam predominantemente e com maior habilidade os membros direitos do corpo), o processamento de informações não verbais (faces, formas geométricas, figuras espaciais e música), ocorre predominantemente no hemisfério direito, podendo ser considerado “sintetizador” sendo que o hemisfério esquerdo é o dominante para o processamento de estímulos que tem uma conotação linguística (letras, palavras, fonemas, números). O hemisfério esquerdo está também relacionado com a seriação proporcional dos movimentos (praxia) envolvendo uma coordenação sequencial e analítica de estímulos, podendo ser este hemisfério considerado como “analisador” (IANSI, 2000).

A localização do centro de linguagem vai determinar a dominância hemisférica. Em cerca de 95% dos destros e 65% dos esquerdinos (indivíduos que utilizam predominantemente e com maior habilidade os membros esquerdos do corpo) o hemisfério dominante é o esquerdo. No entanto os esquerdinos tendem a ter um menor grau de especialização dos hemisférios (IANSI, 2000).

A ligação do sistema nervoso com o cérebro apresenta uma comunicação cruzada, verificando-se que o hemisfério esquerdo controla o lado direito do corpo e o hemisfério direito controla o lado esquerdo do corpo. Devido a este cruzamento das vias a mão esquerda está conectada ao hemisfério direito, e a mão direita ao hemisfério esquerdo. Esse facto é designado por contralateral, em que uma lesão de um lado do cérebro afecta normalmente as movimentos do lado oposto (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2008).

O hemisfério esquerdo tende a ser mais volumoso, devido às áreas de linguagem (plano temporal). Observa-se também diferenças em relação à neurotransmissão e também quanto à organização verificando-se que no hemisfério esquerdo existe uma organização integrada, com áreas especializadas, no hemisfério direito parecem existir redes.

No hemisfério esquerdo ocorre um processamento linear, analítico, como no caso das locuções verbais, proposições matemáticas e programação de sequências motoras, medindo funções verbais tais como leitura, escrita, fala, ideação verbal, memória verbal e sistema numérico. O direito realiza um processamento configuracional, sintético medindo funções não verbalizáveis, tais como funções visuo-perceptivas (percepção de formas, perspectiva, duas e três dimensões, etc.), sendo denominado de cérebro emocional devido a processar e atribuir significado à prosódia do discurso, às expressões faciais, ao reconhecimento de estados afetivos, entre outros. A música é processada pelo hemisfério direito em indivíduos não-músicos de forma diferente dos músicos que analisam o que ouvem, fazendo-o através do hemisfério esquerdo. Cálculos que necessitam de organização espacial exigem um processamento direito, mesmo que o sistema numérico seja processado pelo esquerdo (IANSI, 2000).

CAPITULO 2

2 ELECTROFISIOLOGIA AUDITIVA

O cérebro humano é constituído por cerca de 10^{10} células nervosas onde se verificam continuamente alterações da voltagem interna, devido aos potenciais eléctricos resultantes das diferenças de cargas entre os iões nos fluidos intracelulares e extracelulares das células nervosas (figura 2.1). Essas diferenças de potencial existem mesmo quando as células se encontram em repouso, independentemente do estado de consciência do cérebro (HENRIQUE, 2002) (EGGERMONT, 2006).

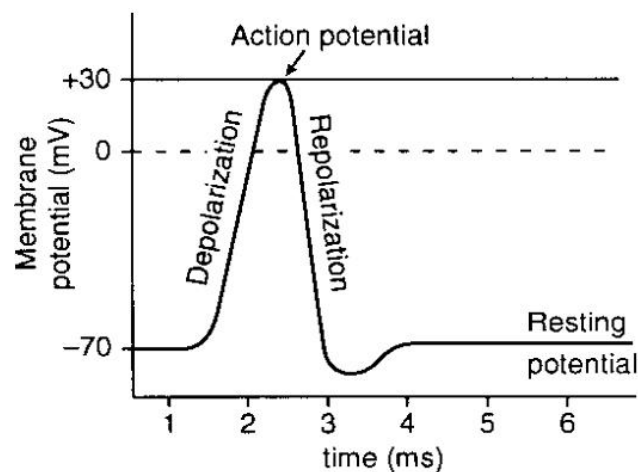


FIGURA 2.1 - POTENCIAL DE ACÇÃO (KENT, 2007)

As variações de voltagem nas células nervosas podem ser registadas através da colocação de eléctrodos colocados no crânio, podendo observar-se os resultados num computador após amplificação apropriada. Um registo combinado da actividade eléctrica de um número elevado de neurónios corticais resulta no electroencefalograma. Este registo depende da localização dos eléctrodos mas também do estado de consciência do cérebro. Quando a colocação dos eléctrodos se verifica nos lobos temporais e na linha média do crânio são obtidas as alterações específicas do córtex auditivo. É também utilizada a colocação de um eléctrodo no vértex onde se pode captar a actividade de ambos os hemisférios incluindo actividade do lobo temporal e dos centros de atenção do córtex frontal (EGGERMONT, 2006).

As explorações electrofisiológicas do sistema auditivo têm contribuído de forma significativa para diagnosticar topologicamente diversas patologias do foro audiológico. Estudam as respostas evocadas auditivas que resultam da actividade existente no sistema auditivo, normalmente ouvido, VIII par ou as áreas auditivas do sistema nervoso central, não se resumindo a determinar os níveis auditivos, visto que estão limitadas ao espectro frequencial do estímulo, mas os exames electrofisiológicos têm como principal objectivo analisar a integridade morfo-funcional do sistema auditivo. A resposta é obtida ou evocada através de estímulos acústicos diversos (REIS, et al., 2002a).

Em estimulações com sons a resposta electrofisiológica surge com alterações típicas que surgem com intervalos de tempo relativamente fixos e com uma forma de onda similar após uma mudança nesse estímulo. Estas alterações são designadas por Potenciais Evocados Auditivos (PEA). Podem ser registados após ocorrerem alterações num número alargado de estimulações, sendo feita uma média das respostas obtidas, e isso deve-se ao facto de que os PEA têm quase sempre as mesmas formas de onda (EGGERMONT, 2006).

A alteração da amplitude dos estímulos ou da sua frequência são o suficiente para poder evocar uma resposta electrofisiológica auditiva. O tempo que decorre desde o início da alteração acústica e a ocorrência do pico de voltagem (latência), é de cerca de 1 ms até próximo dos 0,5 segundos, significando que 0,5 segundos após uma alteração no estímulo, as alterações na actividade cerebral ainda estão bloqueadas temporalmente por esse estímulo. Normalmente as respostas automáticas do cérebro a um som demoram 50 ms, mas em actividades de processamento, tais como a detecção de uma palavra errada numa frase, as respostas surgem mais tardiamente (EGGERMONT, 2006).

2.1 POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS

Os Potenciais Evocados Auditivos (PEA) são a actividade (a resposta) do sistema auditivo (ouvido, nervo auditivo, vias auditivas centrais) que é produzida ou estimulada (evocada) por sons acústicos (HALL, 2007).

Consegue-se avaliar a actividade neuroelétrica na via auditiva, desde o nervo auditivo até ao córtex cerebral. As respostas captadas passam por um processo de filtragem e amplificação, sendo separadas dos artefactos e somadas, dando origem no final às ondas observadas (JUNQUEIRA, et al., 2002). Na figura seguinte (figura 2.2) observa-se o registo das várias ondas obtidas numa estimulação electrofisiológica auditiva.

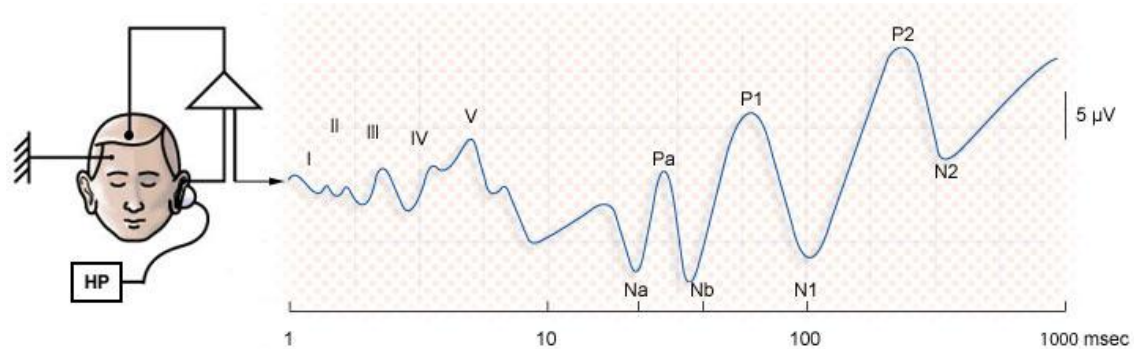


FIGURA 2.2 -REGISTO DOS POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS (PUJOL, 2003)

A actividade cerebral relativa aos PEA apresentam uma voltagem bastante baixa sendo medida em microVolt (μV). A actividade electrofisiológica proveniente das regiões superiores do sistema auditivo (córtex cerebral) envolve um número bastante grande de neurónios e esse facto associado à proximidade dos eléctrodos colocados resulta em respostas com amplitudes bastante grandes, cerca de 5 a 10 μV . O contrário ocorre na actividade electrofisiológica gerada no ouvido, nervo auditivo e tronco cerebral, onde o envolvimento neuronal é menor e a distância aos eléctrodos é maior e como tal a amplitude é relativamente menor, com valores na ordem dos 0,10 a 0,5 μV (HALL, 2007).

2.1.2 CLASSIFICAÇÃO E NOMENCLATURA

São vários os métodos existentes para classificar os PEA embora o mais comum seja aquele que se baseia na latência da resposta. No entanto existem outros em que se consideram factores distintos, tais como a origem anatómica da resposta, a relação entre o estímulo e a resposta (endógenos e exógenos) e o local de colocação dos eléctrodos (FERRARO, et al., 1999).

LATÊNCIA

A classificação dos Potenciais Evocados Auditivos de acordo com a latência em que surgem, ou seja, o intervalo de tempo entre o estímulo apresentado e o aparecimento da resposta evocada, permite distinguir os PEA em precoces ou de curta duração tendo origem no nervo auditivo e nas vias auditivas do tronco cerebral, ocorrendo nos primeiros 10 milissegundos (ms). Podem ser de média latência tendo origem, predominantemente em áreas primárias do córtex auditivo e ocorrem nos 10 a 80 ms ou em tardios ou de longa latência com origem nas áreas primárias e secundárias do córtex auditivo e surgem a cerca de 80 a 750 milissegundos (JUNQUEIRA, et al., 2002).

No entanto alguns autores consideram para essa divisão valores ligeiramente diferentes, como é o caso de McPHERSON, et al (2007) em que considera que os PEA precoces surgem com uma latência dos 0 aos 20 ms, os de média latência (PEAML) ocorrem entre os 18 e os 80 ms e os de longa latência surgem entre os 50 e os 250 ms, considerando ainda que o P300 ocorre entre os 220 e os 380 ms. Esta divisão pode ser observada na figura seguinte, correspondendo as ondas I, II;III V e VI aos potenciais de curta latência, o Na, Pa, Nb e Pb aos potenciais de média latência e aos potenciais de longa latência correspondem as ondas P1,N1, P2, N2, P3a e P3b.

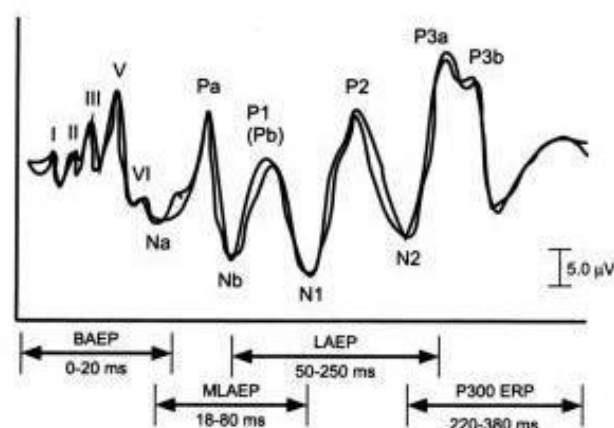


FIGURA 2.3 - DIVISÃO DOS PEA EM LATÊNCIA (MCPHERSON, ET AL., 2007)

ENDÓGENOS E EXÓGENOS

O termo endógeno refere-se aos potenciais que são influenciados por eventos internos relacionados com a função cognitiva, sendo distinguidos pela sua dependência do contexto do estímulo, enquanto as respostas exógenas dependem directamente das características físicas dos estímulos (intensidade, frequência e duração), sendo independentes da atenção dada ao estímulo em si (HALL, 2007; JUNQUEIRA, et al., 2002). Na tabela 2.1 pode observar-se a divisão dos diversos potenciais de acordo com a inclusão em endógenos e exógenos.

TABELA 2.1 - CLASSIFICAÇÃO DOS PEA EM ENDÓGENOS E EXÓGENOS (HALL, 2007; MCPHERSON, ET AL., 2007)

<i>Endógenos</i>	<i>Exógenos</i>
P50	ECochG
N100	ABR
P100	PEAML (Na, Pa, Nb, Pb, ASSR, P50)
N130	PEALL (P1, N1, P2, MMN)
N400	
P300, P300a, P300b	
P600	

2.2 POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS DE CURTA LATÊNCIA

Os Potenciais Evocados Auditivos que ocorrem nos primeiros 10-15 milissegundos (ms) são normalmente designados de potenciais de “curta” ou “precoce” latência. As suas ondas são muito consistentes em indivíduos normais, apesar de apresentarem baixas amplitudes (CHIAPPA, 1990).

Estes podem incluir os Potenciais Evocados Auditivos do Tronco Cerebral (PEATC), a Electrocoqueleografia (EcochG) e o “slow negative 10” (SN10) (FERRARO, et al., 1999).

As nomenclaturas mais utilizadas para o registo dos potenciais de curta latência são BERA (Brainstem Evoked Response Audiometry) ou ABR (Auditory Brainstem Response) que correspondem aos PEATC. Estes potenciais reflectem a actividade

electrofisiológica do sistema auditivo até ao nível do tronco cerebral, em resposta ao estímulo sonoro (JUNQUEIRA, et al., 2002).

Os PEA de Estado Estável (Auditory Steady-State Response - ASST) são um outro método de avaliação electrofisiológica que apesar de não estarem incluídos nos PEA de curta latência nem nos PEA de média latência, apresentam algumas semelhanças com o ABR e como tal são normalmente referenciados juntamente (HALL, 2007), embora alguns autores o incluam nos PEAML devido ao facto de serem considerados um potencial exógeno.

2.3 POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS DE MÉDIA LATÊNCIA

Os Potenciais Evocados Auditivos de Média Latência apresentam uma latência que varia de acordo com os vários autores. Para FERRARO (1999) a latência é de 10 a 50 ms. De acordo com JUNQUEIRA (2002) os PEAML apresentam um período de latência de 10 a 80 ms após o estímulo auditivo, e de acordo com CHIAPPA (1990) a latência é de cerca de 30 a 75 ms. Estas ondas incluem o componente Pa, e os componentes Na, Pb ou P50, Nb e Nc sendo estes últimos os mais frequentemente analisados, uma vez que possuem maior amplitude e são mais estáveis (JUNQUEIRA, et al., 2002).

A maior vantagem deste tipo de resposta é o facto de indicar a frequência específica da sensibilidade auditiva. A maior desvantagem é o facto de ser bastante afectada pelo estado do paciente e ser alterada por drogas que incluem os sedativos e anestésicos (GELFAND, 2001).

Neste grupo pode-se também considerar a resposta endógena 40Hz que é registada de um modo bastante semelhante aos PEAML embora com algumas variações nomeadamente na cadência de estimulação (HALL, 2007).

2.4 POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS DE LONGA LATÊNCIA

Surgem após os 50 ms de estimulação. Apresentam ondas com grandes amplitudes (5-50 μ V) e são relativamente fáceis de obter. No entanto as curvas são facilmente alteradas por factores fisiológicos tais como a falta de atenção (CHIAPPA, 1990) (HALL, 2007).

Isto ocorre porque reflectem a actividade electrofisiológica cortical envolvida nas capacidades de atenção, discriminação, memória, integração e tomada de decisão (JUNQUEIRA, et al., 2002).

A divisão em latência é em determinadas situações inapropriada devido ao facto das latências das ondas em alguns componentes dos PEALL se alterarem com as condições do estímulo e o estado de consciência do indivíduo. O mesmo sucede com a classificação baseada na origem anatómica, devido ao facto de a geração das ondas dos PEALL envolver uma interacção de diferentes estruturas não permitindo muitas vezes determinar uma região de um modo isolado. Como tal nenhuma classificação é totalmente completa, sendo necessário considerar vários factores envolventes (HALL, 2007).

Considera-se tradicionalmente que o P1 é um pico positivo que ocorre entre os 40 e os 50 ms embora algumas vezes seja considerado o Pb dos PEALL, sendo menos consistente que o N1 e o P2. O N1 surge entre os 90 e os 150 ms, sendo um pico negativo enquanto o P2 ocorre entre os 160 e os 200 ms e é um pico positivo. O N2 por volta dos 275 ms é um pico negativo mas no entanto varia bastante de latência (HALL, 2007).

Uma das suas limitações é o facto de serem alterados pelo efeito de drogas. Outro tipo de respostas tardias envolve a discriminação a vários níveis de processamento de todos os tipos de sinal, do som ao discurso. O P3 ou P300 é uma onda positiva bastante grande que surge com uma latência de 300 ms, que ocorre quando um indivíduo tem uma resposta cognitiva a um estímulo atípico (GELFAND, 2001).

Este tipo de potencial é também considerado como sendo endógeno, estando relacionado com a atenção dos sujeitos. É registado normalmente com um paradigma chamado “*oddball stimulus*” que consiste na apresentação de um estímulo raro ou infrequente, apresentado de uma forma aleatória numa série de estímulos com um outro estímulo, este chamado de frequente ou previsível. A sua latência difere frequentemente

podendo ser tão cedo como os 250 ms ou tão tarde como os 400 ms não sendo necessariamente o terceiro componente após o P1 e o P2 (HALL, 2007).

Nos anos 70 durante a investigação da resposta do P300, Näätänen e colegas descobriram uma variação deste potencial que não estava relacionada com a atenção do indivíduo. Esta variação é designada por Mismatch Negativity (MMN) sendo considerado actualmente como uma das respostas electrofisiológicas com maior potencial de investigação, visto que ainda é necessário encontrar muitas respostas na compreensão dos processos envolvidos (HALL, 2007).

Nos PEALL, o N1 e P2, consideram-se gerados pelo córtex auditivo primário, com respostas bastante largas em amplitude com o N1 apresentando entre 1 e 2 μ V e o P2 entre 2 e 5 μ V. O N1 ocorre normalmente com uma latência de 80 a 100 ms e o P2 com uma latência de 160 a 220 ms (MUSIEK, et al., 2007a).

Considera-se que três diferentes componentes contribuem para a sua geração, dois dos quais são gerados pelo córtex auditivo bilateralmente, enquanto o terceiro componente ainda não está completamente identificado (STAPELLS, 2009).

O P300 apresenta provavelmente múltiplos contribuidores sendo intra e inter-hemisférios, considerando-se que os seus geradores não estão restritos a regiões específicas do cérebro, podendo estar relacionado com áreas como o hipocampo, córtex centro-parietal e córtex frontal (STAPELLS, 2009).

Surge devido à atenção do indivíduo a um determinado estímulo acústico que surge ocasionalmente. O P300 tem uma amplitude superior à do N1 e P2 e surge normalmente por volta dos 300 ms após a estimulação. No entanto este potencial não dá muita informação sobre a lateralização da informação, em que uma lesão num dos hemisférios parece afectar a resposta de ambos os ouvidos (AQUINO, et al., 2002; MUSIEK, et al., 2007a).

O Mismatch Negativity (MMN) é obtido através da colocação de indivíduos a ouvir dois tipos de estímulos, um padrão e um raro, em que o raro difere do padrão (standard) devido a uma característica como a frequência ou a intensidade. Essa diferença irá provocar o aparecimento de uma curva negativa após a região em que surge o P2. Esta curva dá a indicação de que o sistema auditivo consegue discriminar diferenças entre os

estímulos. Considera-se que é gerado pelo córtex auditivo e ao contrário do P300 não é necessário que os indivíduos estejam com atenção aos estímulos.

Tem sido bastante utilizado na discriminação de sons de fala assim como com sons não verbais. Estes potenciais podem dar bastantes informações sobre a integridade do córtex auditivo. Acredita-se também que é no sistema memorial sensorial que ocorre a representação central do estímulo onde o Mismatch Negativity tem origem (AQUINO, et al., 2002; MUSIEK, et al., 2007a).

O registo dos PEALL em função de estímulos acústicos possibilita um meio temporoespacial de observar os processos cerebrais relacionados com os processos sensoriais e perceptuais do sistema auditivo. Os componentes P1-N1-P2, MMN e P300 dão-nos informações sobre diversos aspectos da percepção auditiva, incluindo a frequência, intensidade e discriminação da duração, processos relacionados com o efeito precedente, percepção da música e treino auditivo, integração áudio-visual, percepção categorial da fala e os efeitos do treino e plasticidade cerebral. Estas respostas estão também a ser utilizadas no estudo da maturação do processamento auditivo, no envelhecimento, no processamento em populações clínicas, tais como aquelas que apresentam perda neurossensorial, utilizadores de próteses auditivas e implantes cocleares e alterações do processamento auditivo e de linguagem (STAPELLS, 2009).

Os PEALL possibilitam obter informações sobre o processamento auditivo que são bastante mais precisas do que as técnicas imagiológicas utilizadas presentemente, podendo ser um meio bastante importante de obter informação sobre os processos cerebrais em populações clínicas, principalmente se comparadas com grupos de controle. As informações fornecidas podem contribuir para novas intervenções terapêuticas ou alterações nas existentes, sendo que o seu papel pode ser fundamental na investigação clínica, embora no caso de pacientes clínicos individuais também se possa utilizar os testes de PEALL, a sensibilidade e a especificidade no diagnóstico deve ser tida em conta, visto que ainda são necessários muitos estudos de modo a que a sua aplicação clínica de rotina seja aplicada (STAPELLS, 2009) .

No caso de populações clínicas será necessário que estímulos mais complexos, sensíveis e específicos sejam criados de modo ser bastante úteis num prazo de 5 anos, sendo que se destaca o papel de alguns potenciais como é o caso do MMN em que

uma das grandes aplicações no futuro é a sua utilização para avaliar as capacidades de discriminação auditiva em crianças, assim como em indivíduos com perda de audição e utilizadores de próteses auditivas (STAPELLS, 2009).

2.4.1 PARÂMETROS RELACIONADOS COM A AQUISIÇÃO

A base de qualquer instrumento de medição da resposta electrofisiológica ao som é um voltímetro, que regista as diferenças de potenciais (voltagem) entre dois pontos no corpo, onde os eléctrodos foram colocados. Para tal é necessário que o estímulo acústico apresentado tenha uma intensidade superior ao limiar auditivo do indivíduo. No entanto muitas vezes as alterações de potencial são demasiado pequenas para activar o voltímetro pelo que é necessário um amplificador que permita ao voltímetro registar as pequenas diferenças. Contudo nem toda a resposta eléctrica captada é aquela que se pretende, sendo registada muita da resposta eléctrica proveniente dos músculos do pescoço e cabeça, o que contamina o resultado final com ruído. Deste modo surge a necessidade de utilizar filtros no circuito de modo a poder-se clarificar e definir a resposta obtida (GOLDSTEIN, et al., 1999).

Vários são os factores que podem alterar os resultados electrofisiológicos, sendo discutido seguidamente alguns dos mais importantes parâmetros a considerar na aquisição dos PEALL.

ELÉCTRODOS

Ao longo do corpo os mecanismos eléctricos de condutividade envolvem iões a transportar cargas e o modo de captar esses sinais bioeléctricos é através da transformação das cargas e correntes iónicas em correntes eléctricas que são detectadas através de instrumentação electrónica. Essa transdução é feita através de eléctrodos que consistem em condutores eléctricos em contacto com uma superfície (CLOPTON, et al., 2006).

Nos Potenciais evocados auditivos utilizam-se normalmente eléctrodos de metal, tais como ouro ou prata. No entanto o metal não contacta directamente com a pele sendo necessário a utilização de uma pasta ou gel condutivo. São necessários no mínimo dois eléctrodos para que se complete o circuito com o pré-amplificador, de modo a que se estabeleçam as diferenças de potenciais entre eles (figura 2.4). É também necessária a colocação de um outro eléctrodo, numa parte do corpo de modo a servir como terra, para que seja considerado uma referência para os outros dois (GOLDSTEIN, et al., 1999).

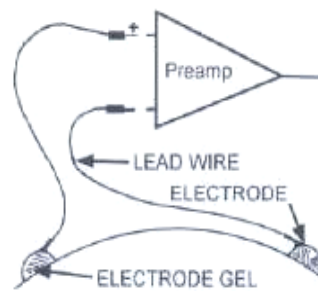


FIGURA 2.4 – LIGAÇÃO DO ELECTRODO DO CRANIO AO PRÉ-AMPLIFICADOR (HALL, 2007)

Os eléctrodos afectam a latência, a amplitude, polaridade e morfologia dos PEA (HALL, 2007).

São utilizados três a quatro eléctrodos em diversas posições: fronte (Fpz), vértex (Cz) e em ambas as mastóides ou lóbulos. Na imagem seguinte pode-se observar as localizações possíveis para a colocação dos eléctrodos e as suas denominações de acordo com o sistema internacional 10-20.

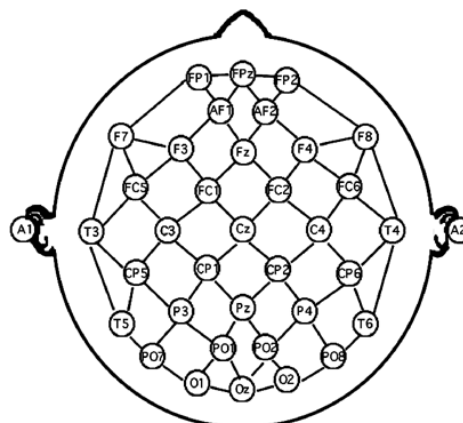


FIGURA 2.5 - COLOCAÇÃO DOS ELECTRODOS DE ACORDO COM O SISTEMA INTERNACIONAL 10-20 (HUNTER, ET AL., 2005)

Verifica-se uma diminuição da amplitude da resposta ao colocar-se os eléctrodos a alguma distância da linha média da cabeça, podendo observar-se esse facto no MMN ilustrado na figura 2.6. Pode também ocorrer uma reversão da polaridade da onda na região do lobo temporal..

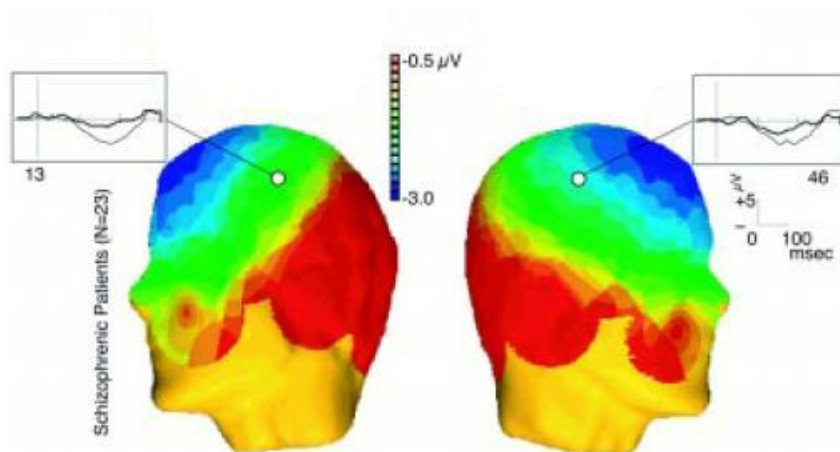


FIGURA 2.6 - RESULTADOS DEVIDO ÀS DIFERENTES LOCALIZADOS DOS ELECTRODOS NO MMN (HIRAYASU, ET AL., 1998)

Os eléctrodos devem ser colocados após a pele ser limpa com um composto abrasivo, para eliminar as impurezas da pele. Isto provoca uma diminuição dos artefactos devendo a impedância ser inferior a 5KOhm variando entre os 2 e os 3KOhm (JUNQUEIRA, et al., 2002).

Assim sugere-se que no registo clínico dos PEALL seja colocado um eléctrodo positivo localizado na linha média da cabeça, normalmente no vertex (Cz) ou ligeiramente acima da fronte (Fz). Coloca-se também nas medições dos PEALL um eléctrodo negativo localizado no lóbulo do pavilhão ipsilateral, ou seja no ouvido onde se pretende fazer a estimulação, ou nas respectivas mastóides (figura 2.7) (HALL, 2007).

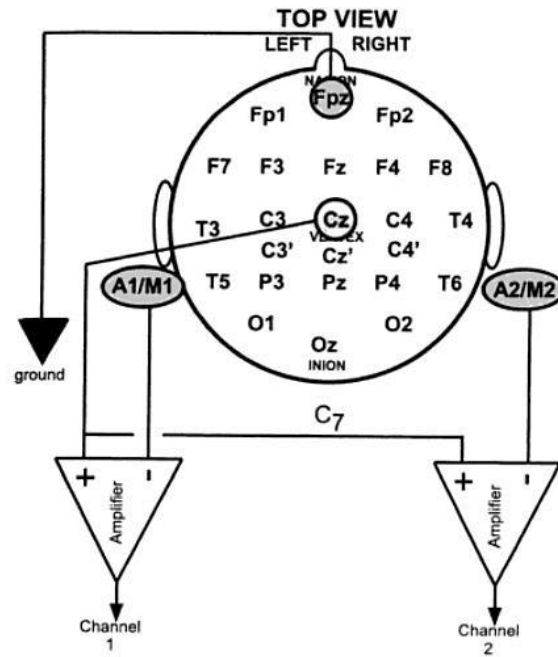


FIGURA 2.7 - COLOCAÇÃO DE ELECTRODOS NOS PEALL (MCPHERSON, ET AL., 2007)

Os eléctrodos mais utilizados são os de superfície que podem ser de cúpula ou adesivos. Nos eléctrodos de cúpula é necessário utilizar uma pasta condutora, de modo a facilitar a transmissão do estímulo. Devem ser preferencialmente de prata (CHIAPPA, 1990).

Os adesivos são facilmente aplicados e não provocam desconforto nos doentes. No entanto, não aderem em zonas onde existem pelos. É necessária a colocação de gel de modo a facilitar a adesão. Em doentes que se encontram acamados ou em coma podem-se utilizar agulhas, pois a sua aplicação é rápida, apresentam uma impedância de 5 a 7 KOhm mas a picada provoca a contracção muscular o que produz muitos artefactos. Existe também um maior risco de infecção (CHIAPPA, 1990).

Cada eléctrodo está interligado a um pré-amplificador, que é normalmente localizado na caixa de eléctrodos (HALL, 2007).

AMPLIFICADORES

Um amplificador é um componente essencial nos sistemas de PEA, visto que a sua formação electrofisiológica ocorre na cóclea, VIII nervo ou cérebro com valores bastantes reduzidos. A relação das amplitudes entrada-saída é normalmente expressa

como um rácio ou ganho, a disparidade de valores desse rácio, bem como a sua conjugação com rácios de outras unidades adjacentes, recorrendo à sua descrição por meio de uma unidade logarítmica reflecte aquela característica, o dB, com a fórmula:

$$dB = X \log_{10} \text{ganho}$$

Onde X terá o valor 20 quando as amplitudes forem pressões acústicas e 10 quando forem potências ou intensidades.

Uma característica do amplificador que pode influenciar directamente o registo dos PEA é a impedância, ou seja a oposição à corrente. Em condições ideais a impedância do input do amplificador é comparável ou superior à impedância dos eléctrodos do registo de PEA. Dois eléctrodos colocados em diferentes localizações no crânio (por exemplo no lóbulo e na linha média na posição Fz) devem detectar a mesma quantidade de interferência eléctrica (HALL, 2007).

A função do amplificador é portanto aumentar a voltagem no crânio de modo a torna-la suficientemente elevada para ser registada no voltímetro, que é normalmente o utilizado no equipamento dos PE. A amplificação necessária, ou seja o ganho, depende de dois factores: a magnitude da voltagem detectada nos eléctrodos colocados na cabeça e a voltagem necessária para preencher a gama completa do conversor analógico-digital (A/D). Os ganhos em estudos clínicos e experimentais apresentam valores entre os 10 000 a 2 000 000.

A amplificação é dividida em dois processos. É feita uma pré-amplificação por um amplificador localizado perto do paciente, sendo a restante realizada no próprio sistema. O equipamento deve ser colocado num local com isolamento acústico e eléctrico, e a ligação de terra deve ser de qualidade e estar em exclusividade (GOLDSTEIN, et al., 1999).

O pré-amplificador reverte a polaridade (sinais negativos ou positivos) da voltagem de input do eléctrodo positivo e adiciona-a ao input negativo. Por trás deste mecanismo de captação diferencial está o facto de as voltagens pretendidas ocorrem entre os dois eléctrodos, e são observadas em fases opostas. O contrário ocorre com os ruídos indesejáveis que estão em fase. Quando uma destas entradas é invertida e adicionada à entrada não invertida, as voltagens de fase opostas são aumentadas enquanto as em fase são eliminadas. Este processo é conhecido como o modo de rejeição, sendo

expresso em dB, normalmente com valores entre os 80-100 dB. Geralmente quanto maior o modo de rejeição melhor a relação sinal ruído (FERRARO, et al., 1999).

No entanto os ruídos raramente estão em fase e nem sempre têm amplitudes iguais nas duas entradas, assim podem não ser sempre anulados e ser amplificados. Mas como a maior parte dos artefactos miogénicos e ruídos eléctricos externos surgem com amplitudes e fases próximas podem ser eliminados (HALL, 2007).

Um dos métodos de melhorar a relação sinal-ruído (SNR) é através da ligação do sinal dos eléctrodos ao amplificador diferencial. Neste amplificador o output é igual à diferença entre duas voltagens de input. Para duas voltagens de input, A e B, o output do amplificador é $G(A-B)$, onde o G é o ganho do amplificador. O ruído indesejado, predominantemente o electroencefalográfico (EEG) é muitas vezes o mesmo sinal em vários pontos do crânio. Se um par de eléctrodos são posicionados de modo a que o ruído seja muito semelhante em ambos mas o potencial evocado apresenta predominantemente num, quando os sinais do par de eléctrodos entram no amplificador, o ruído que é comum em ambos é eliminado enquanto o potencial evocado não é alterado. O SNR é melhorado pela eliminação do ruído comum. O grau ao qual o amplificador pode cancelar o ruído é o modo comum de rejeição. Isto é na ordem dos 100 dB ou mais e significa que a voltagem que é idêntica nos dois inputs é atenuada pelo menos 100 dB no output. É bastante importante, como referido anteriormente, que se verifique que a impedância num eléctrodo seja muito semelhante à impedância do outro eléctrodo, de modo a existir equilíbrio. Com a redução do tamanho dos componentes electrónicos é possível ter as conexões dos eléctrodos, dos amplificadores principais e diferenciais e o conversor analógico-digital numa caixa de tamanho reduzido, próxima do paciente (THORNTON, 2006).

FILTROS

A filtragem é um dos passos que permite melhorar o SNR. Filtar um sinal permite que determinadas frequências passem inalteradas e atenuadas noutras.

De acordo com os parâmetros de cada tipo de PEA está indicado uma frequência do filtro a utilizar e pode-se escolher entre vários tipos de filtros. Nos PEA os tipos mais

utilizados são os filtros Passa-baixo, os filtros Passa-Alto e os de Banda-Passante (HALL, 2007).

O filtro Passa-alto é um filtro que permite a passagem das frequências altas com facilidade, no entanto atenua ou reduz a amplitude das frequências abaixo de frequência de corte (f_c). É utilizado para bloquear as frequências baixas não desejadas num sinal enquanto permite a passagem das frequências mais altas. As frequências são consideradas altas ou baixas quando estão respectivamente, acima ou abaixo de f_c (Departamento de Física, 2007). Permite eliminar potenciais de frequências muito baixas, assim como o ruído devido à actividade EEG (HALL, 2007).

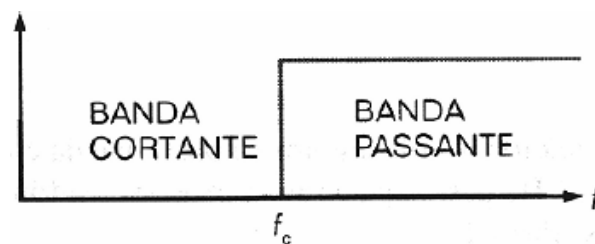


FIGURA 2.8 – FILTRO PASSA-ALTO (DEPARTAMENTO DE FÍSICA, 2007).

Nos filtros passa-baixo verifica-se um funcionamento oposto ao do filtro passa-alto. É um circuito que permite a passagem de baixas frequências e atenua ou reduz, a amplitude das frequências maiores que a frequência de corte (f_c). A quantidade de atenuação para cada frequência varia de filtro para filtro. Um filtro passa-baixo ideal elimina completamente todas as frequências acima da frequência de corte (ou frequência de transição), enquanto permite que as frequências abaixo desse limite passem inalteradas (Departamento de Física, 2007).

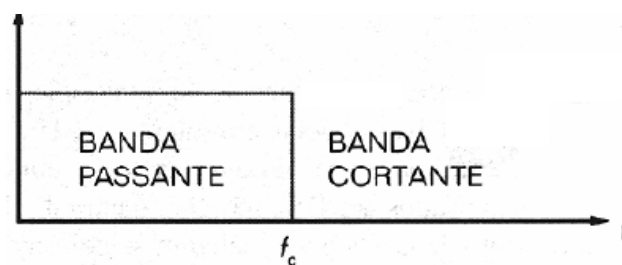


FIGURA 2.9 - FILTRO PASSA-BAIXO (DEPARTAMENTO DE FÍSICA, 2007)

O filtro de banda passante é um filtro com uma determinada especificidade frequencial, em que atenua frequências dentro de uma banda restricta, onde são rejeitadas

frequências fora do intervalo determinado. Este tipo de filtros são os mais utilizados nos PEA, permitindo eliminar diversos tipo de ruído, como por exemplo o ruído da corrente eléctrica e a actividade EEG. O tipo de filtros a seleccionar depende do tipo de PEA a realizar, no caso dos PEALL como as ondas surgem em frequências muito baixas deve ter-se isso em conta de modo a que não ocorra perda de informação (HALL, 2007) (THORNTON, 2006).

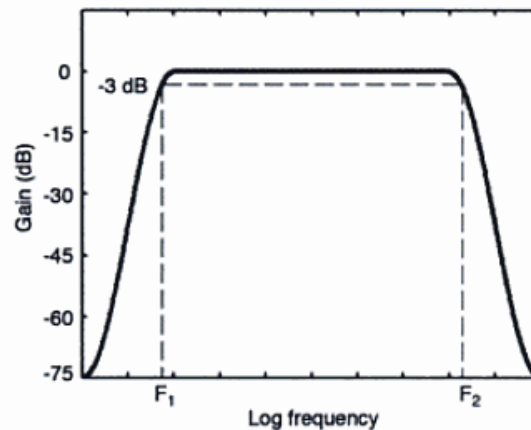


FIGURA 2.10 – FILTRO DE BANDA PASSANTE (THORNTON, 2006)

Esta filtragem permite melhorar o SNR, sendo no entanto necessários determinados cuidados de modo a não escolher bandas de frequências filtradas que incluam os componentes de resposta evocada, pois ocorre uma distorção e redução da amplitude do sinal da resposta (THORNTON, 2006).

Actualmente os filtros digitais são bastante versáteis na sua capacidade de processar sinais podendo ser adaptativos. No entanto os filtros digitais são mais dispendiosos e como tal não são normalmente considerados como standard nos equipamentos convencionais de potenciais evocados auditivos. No entanto existem alguns equipamentos com capacidade de filtragem digital pós-medição. Este processo não altera as formas de onda originais guardadas, não se alterando a fase das ondas e portanto mantendo a sua latência. O resultado deve-se ao facto de ser possível filtrar os dados guardados através de filtros digitais passa-banda escolhidos de acordo com o que se pretende (GOLDSTEIN, et al., 1999).

Nos PEALL utiliza-se normalmente filtros de banda passante de 0,1 a 100Hz (HALL, 2007).

REJEIÇÃO DE ARTEFACTOS

A necessidade de filtragem do ruído pode ser reduzida utilizando um circuito de rejeição de artefactos. Este circuito é normalmente standard na maioria dos sistemas de potenciais evocados (GOLDSTEIN, et al., 1999). A rejeição de artefactos permite impedir que as ondas sejam contaminadas com grandes alterações de voltagem durante a sua captação. Este circuito permite detectar qualquer sinal que apresente uma amplitude superior a um determinado valor pré-estabelecido, dentro da faixa de sensibilidade do conversor analógico-digital. Quando se detecta um valor deste tipo exclui-se da média obtida. Em situações de muito ruído esta rejeição prolonga relativamente o tempo de realização das médias dos sinais (FERRARO, et al., 1999).

CONVERSÃO ANALÓGICO-DIGITAL

Excepto para a rejeição de artefactos, quase todos os processamentos de sinais são efectuados por dispositivos analógicos. Os eléctrodos, os pré-amplificadores e os filtros apresentam uma voltagem com variação contínua no tempo, o que implica que não existem intervalos de tempo em que o sinal não existe.

Para se determinar a forma de onda não é necessário obter todos os valores contínuos definidos num espaço de tempo de 0 a T segundos. São feitas amostragens em intervalos de tempo regulares. Cada amostra de voltagens é convertida em digital antes da próxima amostragem ser recolhida. Normalmente os aparelhos comerciais fazem 256, 512 ou 1024 amostragens dentro do intervalo no qual o conversor Analógico/Digital (A/D) regista a voltagem (GOLDSTEIN, et al., 1999).

Para se determinar o número de amostragens a realizar pode ter-se em conta o teorema de Neyquist onde este indica que o número de amostragens deve ser pelo menos o dobro da mais alta frequência do espectro do sinal. Outra consideração é recolher com uma taxa de apresentação de pelo menos 2.5 vezes a frequência de corte passa-baixo (o limite da frequência alta do filtro de banda passante). Se o filtro está designado para 30 a 3000 Hz, a taxa de apresentação deve ser $3000 \times 2.5 = 7500/seg$. Se existem 256

pontos de amostragem em 10 ms, existem 25 600 pontos de amostragem num segundo, um valor que excede os mínimos calculados. Uma implicação clínica existente é que para os PEALL que são compostos por frequências baixas e registados com filtros de banda passante baixos, a taxa de apresentação é muito lenta. A informação na forma de onda é preservada mesmo com intervalos entre as amostras relativamente longos (HALL, 2007).

MÉDIA DO SINAL (AVERAGING)

Normalmente a filtragem tem um desempenho bastante bom quando a frequência do sinal e o ruído não se sobrepõem. No entanto quando se verifica sobreposição e a amplitude do ruído é suficiente para corromper o sinal, os filtros tradicionais conseguem cancelar o ruído ou pelo menos distorce-lo. Mas no caso dos PEA, como a amplitude da resposta é difícil de determinar, devido ao facto de ser mais baixa do que a actividade EEG, é difícil para os filtros tradicionais separarem a resposta pretendida visto que ambas contêm informação na mesma gama de frequências. Como tal verifica-se que a técnica de médias das respostas (averaging) pode ter um desempenho satisfatório na resolução do problema de separação do sinal do ruído (CLOPTON, et al., 2006).

Esta técnica permite efectuar a soma de várias medições do sinal em conjunto com o ruído, fazendo-se a soma algébrica dos sinais evocados recolhidos após a aplicação de um estímulo acústico. A medição da voltagem das ondas é teoreticamente a mesma a cada instante no tempo. Durante o processo de adição a resposta é somada e é depois periodicamente dividida pelo número de estímulos apresentados. A voltagem mantém-se equivalente durante esse processo. Respostas que surjam aleatoriamente do paciente ou de outros locais não são atribuídas ao estímulo. O ruído vai apresentar uma diferente voltagem para cada estímulo, podendo ser positivo ou negativo nas diversas medições. A soma destes valores positivos e negativos vai reduzir gradualmente esses valores de voltagem para zero (HALL, 2007).

Este processo é fácil de compreender tendo em conta que se um estímulo for apresentado diversas vezes, nas mesmas condições, cada componente da resposta

deve ocorrer no mesmo intervalo (latência) após o estímulo, enquanto o ruído é aleatório e tendencialmente com o tempo sofre alterações ou desaparece (HALL, 2007).

TEMPO/JANELA DE ANÁLISE

Nos PEALL deve-se escolher o tempo de análise de acordo com a população avaliada. Normalmente utiliza-se um tempo de análise de cerca de 750 ms, sendo suficiente para registar a maioria dos PEALL em adultos e crianças. No caso do MMN deve utilizar-se uma janela de até 500 ms (JUNQUEIRA, et al., 2002).

NÚMERO DE PASSAGENS

Nos PEALL verifica-se que estes apresentam uma amplitude superior à dos potenciais mais precoces sendo considerado necessário um número de passagens inferior.

Sugere-se que sejam efectuadas cerca de 200 estimulações, com replicabilidade (JUNQUEIRA, et al., 2002), mas de acordo com HALL (2007) e MCPHERSON (2000) recomenda-se que esse número seja superior a 200.

TEMPO DE PRÉ-ESTIMULAÇÃO

Deve ser efectuada uma pré-estimulação de 100 ms para se obter uma estimativa do ruído de fundo e um valor de base para o cálculo da amplitude negativa e positiva dos vários componentes (HALL, 2007).

SENSIBILIDADE

Representa a extensão máxima de entrada, para visualização da actividade bioeléctrica captada. Utiliza-se normalmente os 50 e 100 μV (JUNQUEIRA, et al., 2002) embora alguns autores considerem que esse valor deve ser mais baixo, entre 25 e 50 μV (HALL, 2007).

2.4.2 PARÂMETROS RELACIONADOS COM O ESTÍMULO

TIPOS DE ESTÍMULOS

Os estímulos utilizados nos Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência podem ser tonais ou vocais, no entanto a escolha do estímulo deve ser feita de acordo com o que se pretende investigar.

SONS

Tipicamente os sons licitam uma resposta de PEALL. Ao contrário dos potenciais de curta latência que necessitam de estímulos com uma subida/descida menor que 5ms para os evocar, os estímulos dos potenciais de longa latência devem apresentar uma subida/descida superior a 10ms. Considera-se também que valores superiores a 20ms e durações de centenas de milisegundos são ainda mais efectivos a produzir uma resposta. No entanto verifica-se que para o N1 e P2, as suas amplitudes são maiores e as latências mais longas quando se utilizam estímulos tonais de baixas frequências, comparando os resultados com as altas frequências (HALL, 2007).

Considerando-se a fiabilidade dos resultados, deve ter-se em conta a atenção do indivíduo, assim como os diferentes estímulos a utilizar. Os estímulos mais utilizados são normalmente o Tone Burst e o Tone Pip, podendo também utilizar-se o click (HALL, 2007).

Uma outra forma de estímulo consiste na utilização de sinais complexos, de várias frequências tonais. Com este paradigma são determinados 2 ou 3 ou mais blocos de estímulos, com sons de diferentes frequências, apresentadas à mesma intensidade em que um dos estímulos é considerado o frequente ou standard com uma probabilidade de cerca de 80% e os restantes são considerados os estímulos raros ou infrequentes. Nos testes em que é necessário a atenção do indivíduo, é-lhe pedido que se concentre apenas numa das estimulações ignorando as restantes, podendo ser necessário que ele contabilize o número de vezes que o estímulo é apresentado. Surge assim o paradigma “oddball” (FERRARO, et al., 1999).



FIGURA 2.11 - PARADIGMA ODDBALL (SARAVAN, ET AL., 2005)

No Nd, a sua amplitude é maior para a frequência que corresponde ao estímulo raro. No entanto a amplitude negativa das ondas em resposta às frequências que são ignoradas é maior se apresentarem um pitch próximo do pitch da frequência alvo. Isto deve-se ao facto de pequenas diferenças de pitch implicarem uma maior atenção para discriminar diferenças. Considera-se também que a amplitude da onda Nd diminui à medida que diminui a probabilidade das frequências ignoradas surgirem. Alguns componentes apresentam melhores resultados com sons complexos do que com estímulos frequenciais isolados. Mas o N1, o P2 e o N4 variam em função da modulação da amplitude ou frequência de um som tonal e por manipulações acústicas de estímulos de fala (HALL, 2007).

No caso de sons as diferenças que se verificam para a escolha do estímulo raro são normalmente cinco características: duração, localização, intensidade, gap e frequência (KUJALA, et al., 2007).

No entanto num estudo efectuado por Jamarillo e colegas em nativos do finlandês, em que foram comparadas as diferenças encontradas no MMN e P300, ao serem utilizados

os estímulos de fala e sons tonais complexos, observou-se que os estímulos de fala são mais eficientemente processados do que os sons harmónicos, tendo em conta os resultados obtidos no MMN e P300 (JAMARILLO, et al., 2001).

ESTÍMULOS DE FALA

São considerados bastante efectivos a evocar os PEALL, podendo ser utilizados diferentes tipos de sinais de fala, natural ou sintética, desde vogais, sílabas, palavras e pseudo-palavras. A fala permite obter o P2 e N1 com amplitudes mais largas mas os estímulos tonais obtêm uma latência mais curta. A latência do componente N1 varia de acordo com a frequência do sinal tonal mas para estímulos de fala a sua latência é mais consistente sendo de cerca de 120 ms. Na fala as latências variam muitas vezes com o Voice onset time (VOT), variando de acordo com as mudanças deste (HALL, 2007).

Os PEALL podem ser determinados pelas características físicas da fala (KRAUS, et al., 1999) e como tal pode fazer-se variar alguns aspectos acústicos para se obter a resposta, tais como variações de fonemas, variações do traço de sonoridade ou do ponto de articulação (JUNQUEIRA, et al., 2002). As características acústicas a considerar podem ser o ponto de articulação, diferenças de fonemas, em que se considera muitas vezes os fricativos com frequências de energia altas e o VOT (HALL, 2007). Pode também ter-se em conta as mesmas características dos sons tonais: duração, localização, intensidade, gap e frequência.

Normalmente utiliza-se o paradigma "oddball" em que se verifica a ocorrência do estímulo standard em 80% das vezes e na restante probabilidade de ocorrência verifica-se o estímulo raro, onde se podem utilizar vários estímulos (JUNQUEIRA, et al., 2002).

Sugere-se que exista uma activação cortical mais extensa quando os estímulos são apresentados com exigências específicas de processamento, tal como a discriminação quando comparada à detecção do estímulo (KRAUS, et al., 1999).

Existe alguma controvérsia sobre o facto de alguns dos potenciais de longa latência, tais como o MMN e P300, estarem não só relacionados com a discriminação acústica entre estímulos, mas também estarem relacionados com a discriminação fonética. Beynon e

Snik (2004) consideraram que apenas o P300 se baseia nessas considerações, sendo que o MMN não estaria relacionado com a discriminação fonética mas apenas com a discriminação acústica, o que indicaria que o P300 era mais adequado para dar indicações sobre a percepção da fala (BEYNON, et al., 2004).

No entanto alguns autores ponderam que a discriminação fonética é um dos componentes mais importantes do MMN, sendo que este reflecte a resposta automática a uma discriminação devido a uma alteração infrequente, que pode ser causada pela mudança na frequência, intensidade, duração, estrutura fonética ou outros, resultando numa sensibilidade específica das representações fonéticas da linguagem (DAVIDS, et al., 2009).

Considera-se também que os estímulos de fala são processados de modo diferente de acordo com os hemisférios cerebrais esquerdo e direito, e as respostas são detectadas com uma maior amplitude no hemisfério esquerdo enquanto os estímulos tonais produzem actividade simétrica. Observam-se também diferenças na variação da latência de 50 a 140 ms, quando se verificam tarefas que exigem uma discriminação das características acústicas. As respostas acima dos 200 ms indicam que foram sensíveis ao processamento acústico necessário para a identificação do estímulo, enquanto que uma negatividade entre os 150 e 400 ms é associada ao processamento semântico e à significação (KRAUS, et al., 1999).

A morfologia dos PEALL varia em função do estímulo da fala, ou seja diferentes sons de fala com diferentes características acústicas geram diferentes ondas de PEALL, incluindo amplitudes mais pequenas ou maiores para a especificidade negativa e positiva. Vários autores consideram também que os sons vozeados produzem PEALL com maiores latências, comparando com os sons não vozeados (HALL, 2007).

Na utilização de estímulos de fala deve ser também considerado o impacto das variações regionais da fala na percepção de fonemas. Em estudos efectuados com o MMN sobre o impacto das variações fonológicas resultantes da influência das vogais na percepção de fonemas, foram comparados indivíduos de diferentes regiões da França, onde o contraste /e/ - /ɛ/ existente numa das regiões foi comparado com os resultados do grupo de outra região onde esse contraste não se manifesta, sendo também comparado com o contraste /ø/ - /y/ existente em todas as regiões. Os resultados sugeriram que a variabilidade regional na fala a que os sujeitos estão expostos

determina a percepção da fala de acordo com o seu próprio sotaque (BRUNELLIÈRE, et al., 2009).

A utilização de pseudo-palavras nos PEALL apresenta também um meio de avaliar correlações neurais relacionadas com a linguagem e processamento de sons da fala. Num estudo efectuado a crianças utilizou-se o MMN para avaliar a detecção perceptual de diferenças, em sons complexos, palavras com voz natural e pseudo-palavras, sendo que cada estímulo apresentava elementos acústicos iguais, considerando-se que as pseudo-palavras apresentavam ondas de MMN mais fracas do que as obtidas com palavras, o que pode indicar que o processo auditivo, mesmo que o indivíduo se encontre sem atenção ao estímulo, é fortemente associado com o significado cognitivo do estímulo (KORPILAHTI, et al., 2001).

Sugere-se também que mudanças de sons próximas da fonética da língua nativa podem produzir MMN com amplitudes mais elevadas do que considerando-se mudanças físicas de outras categorias, sendo também considerado que respostas de MMN a estímulos não linguísticos produzem respostas mais fortes no hemisfério direito em comparação com o esquerdo, devido a ser no hemisfério esquerdo que é predominante (KUJALA, et al., 2007).

As aplicações clínicas e o papel na avaliação clínica começam actualmente a surgir. O desenvolvimento das aplicações clínicas na avaliação da discriminação auditiva e dos aspectos semânticos e de atenção ainda necessitam de mais investigação (KRAUS, et al., 1999).

DURAÇÃO

Nos PEALL o tempo de integração temporal está directamente relacionado com a latência da resposta, sendo menor ou igual a 30 ms. A amplitude em geral não é modificada pela duração do estímulo no entanto os componentes N1 e P2 apresentam latências mais curtas com o aumento da duração (HALL, 2007).

O Tone Burst é o tipo de som mais usado com um tempo de duração total que varia entre 30 e 50ms. Como não é necessária a sincronização neural neste tipo de potenciais, a duração total é que vai evocar a resposta. Um estímulo mais longo, apesar de produzir uma sincronização produz mais especificidade frequencial. No MMN os sons usados devem diferir muito pouco em duração para evocar a resposta através do paradigma “oddball” (JUNQUEIRA, et al., 2002).

Os sinais de estimulação devem apresentar um tempo de subida e descida de cerca de 10 ms com um plateau com valores próximos dos 50 ms (HALL, 2007).

Na maioria dos estudos os estímulos de fala incluem vogais, sílabas constituídas por consoantes-vogais, palavras ou frases. Normalmente as durações dos estímulos de fala variam de acordo com o tipo de estímulo. Neste campo ainda não se encontra consenso, variando de autor para autor a duração mais indicada. Korpilahti e colegas (2001) efectuaram um estudo em crianças com o MMN com palavras em que a duração das vogais era de 300 ms nos estímulos frequentes e 175 ms nos raros (KORPILAHTI, et al., 2001). De acordo com Davids (2009), num estudo efectuado sobre a discriminação fonética utilizando MMN a duração total do estímulo constituído por vogais, foi de 235 ms (DAVIDS, et al., 2009).

Em relação às sílabas consoante-vogal as durações podem variar bastante de acordo com os autores. Num estudo sobre a estabilidade do MMN em crianças a duração dos estímulos consoante-vogal continham uma duração de 175 ms (UWER, et al., 2000). Para Schulte-Korne e colegas, num estudo realizado em adultos disléxicos através do MMN os estímulos escolhidos apresentavam uma duração de 110 ms (SCHULTE-KORNE, et al., 2001). Para Stapells, (2009) a duração do estímulo vocal contendo consoante-vogal deve apresentar uma duração de 150 ms (STAPELLS, 2009).

Fosker (2005) ao estudar adultos disléxicos através de um paradigma fonológico, utilizando o P3b evocado por palavras com 3 a 4 fonemas utilizou estímulos com durações de 562 ± 139 ms (FOSKER, et al., 2005).

Num outro estudo com MMN foram registados os potenciais usando um paradigma “oddball” em duas situações: apenas auditivo e uma situação áudio-visual. Foram utilizadas frases onde era destacada uma palavra. A palavra escolhida apresentava uma

duração num dos estímulos de 580 ms e 390 ms no outro, sendo duas versões da mesma palavra (LI, et al., 2009).

Apesar das várias aplicações clínicas existentes neste tipo de potenciais muitas vezes os resultados obtidos ainda não permitem conclusões seguras devido ao facto de raramente os estímulos com especificidade linguística serem utilizados, reforçando a importância da investigação na área dos estímulos da fala. (FOSKER, et al., 2005).

INTENSIDADE

A amplitude dos PEALL varia com a intensidade, no entanto recomenda-se que sejam utilizados valores de 75-80 dB HL para que seja obtida uma resposta robusta para mostrar todos os sub-componentes (McPHERSON, et al., 2007). A intensidade pode variar entre os 60 e 80dB HL podendo verificar-se um aumento da amplitude e uma diminuição da latência dos componentes N1, P2, N2 e P3 (JUNQUEIRA, et al., 2002).

CADENCIA E INTERVALO ENTRE ESTÍMULOS

A cadência é dada pela quantidade de estímulos por segundo. Os PEA são bastante influenciados pelo intervalo entre estímulos (ISI). Uma cadência relativamente baixa é essencial nos PEALL, devido ao tempo refractário dos neurónios corticais. A sua amplitude pode aumentar com as cadências de apresentação da estimulação na ordem dos 0,125/s sendo recomendados valores menores ou igual a 1.1/s e com intervalos entre estímulos longos, de cerca de 8 segundos No entanto existe alguma divergência em relação a este valor sendo que alguns autores consideram que o valor mais indicado deve ser mais curto. Num estudo realizado sobre as considerações a ter na utilização do MMN em clínica, foram ponderadas as janelas de integração temporal, verificando-se que os valores da integração correspondiam a cerca de 170 ms, o que indicava que com valores de separação entre estímulos demasiados longos o MMN não estava presente. Como tal verificou-se também que em determinadas patologias tal como o Alzheimer e no envelhecimento normal verificava-se que quanto mais longo fosse o ISI menor era a

amplitude do MMN, embora nos jovens esse efeito não fosse tão observado (KUJALA, et al., 2007).

Em estudos sobre a memória de modo a controlar-se durante quanto tempo residem nos traços de memória os estímulos foram realizadas várias sessões experimentais onde foram efectuadas séries de estímulos com nove estímulos diferentes. Consideraram portanto que os valores entre estímulos deveriam ser de 610 ms mas entre séries de diferentes estímulos devem ser de 11-15 s (COWAN, 1998).

Korpilahti num estudo efectuado em crianças, através do MMN com estímulos de fala utilizou intervalos entre estímulos de 500 ms, sendo esses intervalos sempre constantes (KORPILAHTI, et al., 2001).

POLARIDADE

Nos PEALL como não é necessário um sincronismo neural, o tipo de polaridade dos estímulos (rarefacção ou condensação) não é um factor importante, sendo recomendada uma polaridade alterna de modo a diminuir os artefactos (JUNQUEIRA, et al., 2002), ou uma polaridade em rarefacção no caso do MMN (HALL, 2007).

MASCARAMENTO

O mascaramento consiste na colocação de um ruído mascarante no ouvido contralateral ao estímulo. Raramente é utilizado em auscultadores de inserção, não sendo necessário para níveis de intensidade inferiores ou iguais a 70 dB (HALL, 2007).

MODO DE APRESENTAÇÃO

Utiliza-se normalmente uma estimulação monoaural, no entanto pode ser também utilizada uma estimulação binaural (HALL, 2007).

TABELA 2.2- PARAMETROS PARA OS PEALL (HALL, 2007)

PARÂMETROS	COMPONENTES	P1-N1-P2-N2 P300 MMN
ESTÍMULO	Tipo	Fala Tone Burst Sons Puros
	Cadência	$\leq 1.1/s$
	ISI	$<10s$
	Duração	Rise/fall: $\sim 10ms$ Plateau: $\sim 50ms$
	Intensidade	$\leq 70dB HL$
	Polaridade	Rarefacção
	Probabilidade	Paradigma oddball Raro: 0,2 Standart: 0,8
AQUISIÇÃO	Eléctrodos	Negativo: Lóbulos/Mastóides Positivo: Fz ou Cz Terra: Fpz
	Filtro	0,1 a 100Hz
	Sensibilidade	25 ou $50\mu V$
	Ganho	50,000
	Estimulação	Monoaural ou Binaural
	Passagens	<500
	Tempo de Análise	600ms
Paciente	Estado	Com atenção ao estímulo Desperto sem atenção
	Tarefa	Contar o estímulo raro Ver um filme

2.4.3 PARÂMETROS RELACIONADOS COM O PACIENTE

ESTADO DE ALERTA/ATENÇÃO

Ao contrário do que se verifica nos potenciais de curta latência a atenção do indivíduo ao estímulo afecta a resposta obtida. A morfologia das ondas é alterada pelo sono, podendo atenuar as formas de onda e aumentar-se assim a variabilidade da resposta. Deve portanto registar-se a resposta com o sujeito acordado (MARTIN, et al., 2006)

nalguns tipos de PEALL como o P300, enquanto no MMN é possível registar as respostas mesmo com o indivíduo adormecido (HALL, 2007).

A atenção pode ser conduzida de modo a ser uma atenção selectiva, onde se pretende que se desempenhe uma determinada tarefa, que pode consistir em pedir ao sujeito que responda ao estímulo através do pressionar de um botão, ou pode ser uma atenção activa onde é necessário o estado de alerta mas não é imperativo que seja dada atenção ao estímulo. Nestes casos pode recorrer-se a um mecanismo que distraia a atenção do estímulo. Este factor varia de acordo com o componente a ser avaliado (McPHERSON, et al., 2007).

O MMN é relativamente independente da atenção, podendo ser registado durante o sono, embora com alguma diminuição da amplitude da resposta (MARTIN, et al., 2006).

Pode observar-se também os efeitos da atenção no P300 e em respostas mais tardias verificando-se que quanto mais atenção é dado ao estímulo alvo mais robustas são as respostas dos componentes (McPHERSON, et al., 2007).

Desta forma os potenciais relacionados com os eventos, ou seja endógenos possibilitam uma oportunidade para avaliar os processos cognitivos relacionados com a percepção de estímulos. Estes componentes dão-nos indicações importantes no processamento perceptual de estímulos, assim como a construção de representações transitórias de memória. Este facto é principalmente importante no MMN onde o contexto de atenção activa ou passiva ao paradigma “oddball” resulta numa alteração detectada automaticamente, que consiste na diferença normalmente considerada como o MMN. No P300 clássico observa-se um paradigma “oddball” semelhante, mas que surge apenas quando é dada atenção selectiva ao estímulo. Estudos do P300 conduziram à ideia que o P300 é constituído por dois componentes diferentes na onda do P3 em que se pensa que o P3a é mais um processo automático de atenção e o P3b é mais visível na detecção do estímulo alvo em função dos componentes de memória (FOSKER, et al., 2005).

IDADE

De um modo geral em crianças, os PEALL apresentam maturação em diferentes alturas. As ondas P1 e N2 são normalmente proeminentes, surgindo por volta dos 3 a 6 anos uma onda P2 semelhante ao dos adultos assim como o N2. A onda N1 não é observada antes dos 3 anos e só com a utilização de Intervalos entre estímulos longos. Durante a infância a latência das ondas diminui e a amplitude aumenta em função da idade. No entanto este facto não se verifica para todos os potenciais.

Os valores de latência e amplitude nos componentes dos PEALL apenas atingem os valores de adultos por volta dos 16-18 anos de idade. Em estudos efectuados sobre a maturação nas crianças ao longo da idade, com crianças de idades entre os 15 dias e os 3 anos concluiu-se que no componente P2 verifica-se uma alteração da latência de 230ms para 150ms, no N2 de 535ms para 320ms e no P3 de 785 para 635ms (HALL, 2007).

No entanto os componentes MMN e P3a podem ser registados consistentemente em crianças. As variações das características dos estímulos afectam diferentemente as ondas nas crianças, quando comparadas com os efeitos ocorridos nas ondas dos adultos. Os PEALL podem ser considerados um meio de determinar o desenvolvimento cognitivo e memória das crianças (KORPILAHTI, et al., 2001).

Nos idosos ainda não existe um consenso sobre as alterações que surgem com a idade. Alguns autores referem que ocorre um aumento da latência e uma diminuição da amplitude das ondas, quando comparados com os jovens, embora alguns estudos indiquem que para o P2 as latências são menores, ou pelo menos constantes (HALL, 2007).

GÉNERO

Verifica-se para o género feminino maiores amplitudes do hemisfério esquerdo em comparação com os do género masculino, que apresenta maiores amplitudes no hemisfério direito. Este facto foi verificado através de estímulos verbais, sendo de esperar estes resultados visto que são concordantes com a lateralização da linguagem

e funções espaciais no género masculino e feminino, em adultos e crianças, embora em bebés dos 6 a 10 meses esses efeitos não tenham sido observados nos estudos (HALL, 2007).

TREINO AUDITIVO

Em estudos efectuados com estímulos de fala e sintetizados com diferentes Voice onset-times, os indivíduos adultos melhoraram o seu desempenho na identificação de diferenças de VOT na ordem dos 10 ms após algum treino. Esse treino resulta numa diminuição da amplitude do P1 e um aumento da amplitude do N1 e P2. Este facto pode ser importante na aplicação clínica dos PEALL na documentação dos benefícios do treino auditivo de indivíduos com alterações do processamento auditivo (HALL, 2007).

DROGAS

A maioria das drogas e medicamentos pode provocar alterações nas ondas dos PEALL, como tal recomenda-se que seja um factor a considerar (FERRARO, et al., 1999).

2.5 APLICAÇÕES CLÍNICAS

Na tabela seguinte estão reunidas algumas das possíveis aplicações clínicas dos PEALL.

TABELA 2.3– APLICAÇÕES CLÍNICAS DOS PEALL (HALL, 2007) (AQUINO, ET AL., 2002) (STAPELLS, 2009)

APLICAÇÃO CLÍNICA	TIPO DE PEALL
PERDA AUDITIVA SENSORIONEURAL	P1; N1 e P2
ALTERAÇÕES PROCESSAMENTO AUDITIVO CENTRAL E DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM	P1; N1; P2; N2; P3 e MMN
SÍNDROME DE DOWN	N1; P2 e N2
EPILEPSIA	P3 e MMN
DEPRESSÃO	N1, P2; P3 e MMN
TRAUMATISMO CRANEANO	P2; P3 e MMN
PREMATURIDADE EM RECÉM NASCIDOS	P3 e MMN
ESQUIZOFRENIA	N1 e MMN
ACUFENOS	N1 e MMN
HIPERACÚSIA	N1; e P2
ALZHEIMER	P3 e MMN
DOENÇA CEREBRO VASCULAR	P3
ÁLCOOLISMO	MMN
DOENÇA DE PARKINSON	P3 e MMN
IDOSOS	MMN
DÉFICE DE ATENÇÃO E HIPERACTIVIDADE	MMN
AUTISMO	MMN
DISLÉXIA	MMN
COMA	P3 e MMN
IMPLANTES COCLEARES	N1; P1; P3 e MMN
REABILITAÇÃO AUDITIVA - PRÓTESES AUDITIVAS	P3 e MMN

Apesar das diversas aplicações clínicas deste tipo de potenciais existem ainda bastantes limitações na sua aplicação diária na prática clínica. A diversidade de interpretações pode introduzir no processo erros que podem muitas vezes levar a conclusões erradas. Mesmo tendo em conta os valores de latência e amplitude, esse factor pode dar uma falsa segurança que conduz muitas vezes a falta de precisão. É portanto necessário que se verifiquem diversas investigações e estudos antes de se aplicarem estes testes em populações clínicas específicas. No entanto é inquestionável que estas técnicas de avaliação podem, dentro de alguns anos, contribuir para avaliar processos cognitivos, sendo uma janela para a compreensão da discriminação auditiva (HALL, 2007).

Neste âmbito podem destacar-se dois tipos de PEALL, o MMN e o P300, onde o interesse clínico tem aumentado circunstancialmente nos últimos anos.

O MMN apresenta-se como uma técnica promissora na avaliação das habilidades de percepção acústicas em crianças e bebés assim como em adultos. A discriminação fonética tem sido demonstrada através do MMN em crianças e adultos e a sua relação com a aprendizagem de uma língua estrangeira e em nativos e não nativos em relação às diferenças na discriminação no processamento de uma língua. O MMN tem sido também utilizado na avaliação da discriminação fonética em bebés de 30-34 semanas de idade conceptual, de modo a estudar o desenvolvimento das habilidades específicas de discriminação (WARREN, et al., 2003).

As evidências têm sugerido que o MMN reflecte a discriminação dos sons o que pode ser bastante útil na determinação das habilidades auditivas de grupos de indivíduos com capacidades especiais tais como os músicos ou nos grupos de indivíduos com perdas de audição (KUJALA, et al., 2007).

Apesar destas possibilidades motivadoras, o MMN não é actualmente utilizado na prática clínica, apesar dos inúmeros estudos que pretendem avaliar o potencial deste teste, através da comparação de resultados entre grupos de indivíduos patológicos e não patológicos, visto que a comparação individual de resultados ainda não é efectuada. Este facto deve-se à elevada variabilidade de resultados intra-sujeitos, não existindo ainda dados clínicos que comprovem sem dúvidas que o MMN é capaz de identificar com elevada especificidade um determinado indivíduo com uma patologia específica (HALL, 2007).

Contudo toda a literatura consultada, está de acordo sobre o facto do MMN poder tornar-se um instrumento bastante importante na avaliação da discriminação e processamento auditivo.

Porém serão necessários diversos estudos sobre os parâmetros do MMN, assim como dados normativos que possam permitir a utilização clínica de rotina, tendo em conta as diversas populações a que se destinam (crianças, adultos e idosos), e os factores que podem influenciar os resultados (atenção, género, habilidades linguísticas).

2.6 ANÁLISE E CRÍTICA DOS PEALL

A percepção e cognição neural podem ser investigadas através dos potenciais endógenos. No entanto estes não fornecem informação precisa sobre as áreas de activação cerebrais, dando importantes indicações temporais nos vários níveis de processamento de informação e dos componentes neurais associados com a percepção e comportamento. Com este tipo de avaliação a percepção sequencial do cérebro, memória e atenção podem ser analisadas (KUJALA, et al., 2007).

No entanto antes de se poderem considerar as aplicações clínicas dos potenciais de longa latência é necessário determinar o objectivo da avaliação. A nível individual é ainda precoce a sua utilização no diagnóstico, visto que a sensibilidade e especificidade da medição individual em pacientes, de modo a detectar e diagnosticar disfunções, o tempo de teste requerido e os custos envolvidos ainda não passaram da fase experimental. Não se conhecendo ainda a variabilidade das respostas entre indivíduos assim como a reprodutibilidade das respostas intra-indivíduos. Como tal não existem ainda conhecimentos suficientes sobre o que representa a ausência de resposta, o que pode impedir a utilização clínica dos PEALL em casos clínicos individuais. Presentemente apenas a resposta P1-N1-P2 tem sido considerada na aplicação individual a pacientes clínicos, principalmente na determinação do limiar auditivo (STAPELLS, 2009).

Considerando a medição de respostas de grupos ou subgrupos de populações clínicas os resultados obtidos podem ajudar a compreender os processos cerebrais quando comparados com um grupo controle. Esta informação pode conduzir a novas intervenções terapêuticas ou a alterar as existentes assim como a permitir compreender melhor o funcionamento normal dos processos cognitivos auditivos. Neste tipo de avaliação de grupos o objectivo é normalmente o de investigação clínica, não sendo requerida a identificação individual de anormalidades das ondas em casos individuais mas pretende-se avaliar os resultados em termos de grupo. Nestes casos os resultados são menos afectados por respostas difíceis de obter, assim como pela variabilidade entre indivíduos. Este tipo de potenciais dão uma oportunidade única em termos temporais e espaciais sobre os processos cerebrais sobre o processamento auditivo e a percepção, sendo bastante mais precisos que as técnicas imagiológicas disponíveis.

Podem ainda no futuro dar mais indicações sobre grupos clínicos, sendo por isso necessário desenvolver paradigmas de estimulação mais específicos de modo a determinar a presença de disfunções entre grupos ou indivíduos (STAPELLS, 2009).

No entanto um dos componentes frequentemente usado na investigação da discriminação auditiva é o MMN (DAVIDS, et al., 2009), sendo considerado por muitos investigadores como um método que pode ter um contributo bastante valioso na avaliação clínica (STELT, et al., 2008) (DAVIDS, et al., 2009).

Contudo o uso corrente do MMN na avaliação clínica de rotina em pacientes individuais ainda se encontra bastante distante, especialmente em crianças. Considera-se que é ainda necessária muita pesquisa antes da sua aplicação de modo a obter uma estimulação óptima, registo e parâmetros de medição que reúnam consenso e tentar identificar a causa da ausência do MMN quando se utilizam contrastes fáceis de serem perceptíveis comportamentalmente por indivíduos normais. Estes factos impedem ainda a sua utilização em casos individuais, mas as possibilidades de informação que estes potenciais podem permitir obter fazem com que muitos investigadores continuem a estudar a aplicabilidade deste teste (STAPELLS, 2009).

As novas aplicações clínicas do MMN têm suscitado um grande interesse em diversas áreas de investigação tais como a Neurologia, Psiquiatria, Otorrinolaringologia e Audiologia. Neste âmbito, e visto que não seria viável a realização de todos os PEALL considerando o tempo de teste requerido nestes exames, o presente estudo seleccionou o MMN como teste a investigar. A escolha baseia-se no facto de ser possível avaliar diferentes faixas etárias, visto que o MMN não necessita de colaboração, o que permite a sua realização em crianças sem recorrer ao uso de sedativos. Este teste surge também como o mais adequado devido a possibilitar a utilização de diversos paradigmas nomeadamente estímulos de fala adaptados ao Português Europeu (PE), que podem permitir estudar diversas populações.

2.6.1 AVALIAÇÃO ATRAVÉS DO MMN

O MMN consiste numa onda negativa obtida através da combinação de dois estímulos, o standard e o desviante, ocorrendo normalmente com uma duração total de 100 a 300 ms (HALL, 2007).

O MMN é considerado como o teste mais adequado para examinar o processamento automático central auditivo e de pré-atenção. Normalmente surge com uma latência de 100 a 300 ms no entanto foram encontrados MMN entre 300 e 600 ms (SCHULTE-KORNE, et al., 2001).

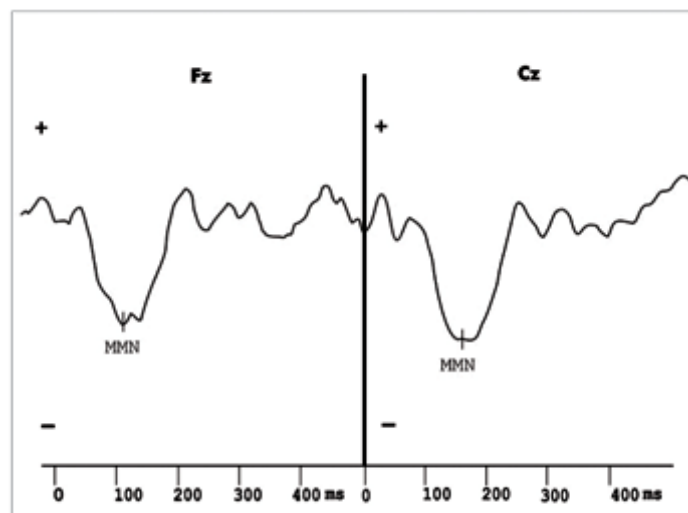


FIGURA 2.12 – ONDA DE DIFERENÇA ENTRE O ESTÍMULO STANDARD E RARO EM FZ E CZ (SANTOS, ET AL., 2006)

No entanto alguns investigadores em estudos efectuados obtiveram alguns resultados diferentes, com uma latência que podia surgir entre os 70 e os 300 ms e surgindo um MMN com um valor de latência acima dos 300 ms sendo chamado de MMN2 ou MMN tardio (MMNI) (KORPILAHTI, et al., 2001). Segundo os autores esse tipo de MMN pode surgir não só em resultado de estímulos de fala mas também quando se utiliza estímulos tonais (SCHULTE-KORNE, et al., 2001).

Apesar de inicialmente o estudo do MMN ter surgido no âmbito do sistema auditivo alguns estudos têm sugerido que também pode ser desencadeado no sistema visual ou táctil (KUJALA, et al., 2007).

A sua medição tradicional é efectuada electrofisiologicamente no entanto, existem outros métodos tais como o *magnetoencefalografia* (MEG), *positron emission tomography* (PET), imagiologia óptica e ressonância magnética funcional (KUJALA, et al., 2007).

Pode ser desencadeado por qualquer violação discriminatória numa sequência auditiva de aspecto regular. Considera-se que reflecte o processo de comparação da memória de pré atenção em que o som irregular é comparado de forma a ser considerado desviante da representação neural (*memory trace*) das regularidades extraídas pelo som precedente. Um aumento do grau do som desviante resulta numa maior amplitude do MMN e menor latência, assim como aumenta a detecção comportamental, acuidade e velocidade. O MMN surge gradualmente à medida que se aprende comportamentalmente a discriminar os desvios inicialmente não identificados (PAKARINEN, et al., 2007).

O MMN pode ser elicitado por uma grande variedade de sons, desde sons puros a sons complexos tais como a fala. Um dos grandes motivos de atracção por esta técnica resulta do MMN ser independente da atenção consciente dos sinais acústicos, sendo esse facto bastante relevante na avaliação de crianças e outras populações difíceis de testar, obtendo-se melhores resultados quando o sujeito não presta qualquer atenção ao estímulo, podendo encontrar-se a ler, a ver um vídeo ou mesmo a dormir. Uma outra característica bastante apelativa é o facto da resposta poder surgir com pequenas diferenças entre o estímulo standard e o raro, tais como pistas acústicas contidas nos sinais de fala. Esta discriminação dos sons reflectida pela resposta do MMN é semelhante à discriminação comportamental das diferenças mínimas perceptíveis (JND). O MMN reflecte assim o processamento auditivo central automático sendo bastante relevante no potencial clínico do teste (HALL, 2007).

Vários estudos têm demonstrado que o MMN não reflecte apenas a discriminação física de estímulos recentes mas demonstra também uma representação de regras auditivas

mais complexas. Este facto é bastante importante na compreensão de como a informação é processada sem atenção (KUJALA, et al., 2007).

O MMN consiste numa resposta com uma amplitude relativamente pequena (μV), negativa, que é gerada passivamente quando é discriminada alguma alteração num som resultante da memória no sistema auditivo central. Essa detecção é pré-consciente e resulta da capacidade do ser humano detectar em ambientes hostis um som diferente no ruído ambiente. Esta habilidade está relacionada com as capacidades de sobrevivência do indivíduo (HALL, 2007).

O MMN pode ser alterado por diversos factores e dependendo do tipo de população a testar pode ser necessário um tipo específico de estímulo desviante, em que no caso de perda auditiva o melhor estímulo raro pode ser uma diferença frequencial, duração, intensidade ou num fonema e em casos de crianças com disfasia a amplitude do MMN para mudanças frequenciais é mais atenuado do que quando a diferença é a duração. Deve portanto considerar-se que grupos clínicos diferentes podem diferir em termos de sensibilidade à magnitude do desvio apresentado no estímulo (PAKARINEN, et al., 2007).

O MMN depende da criação de uma memória a curto prazo no córtex representando os aspectos repetitivos dos eventos auditivos anteriores, que duram normalmente segundos. Deste modo para ocorrer a resposta ao som desviante é necessária uma prévia estimulação pelo som standard de modo a formar-se uma memória. Quando isso não ocorre e apenas surge o estímulo raro obtêm-se as respostas P1, N1 e P2 (NÄÄTÄNEN, et al., 2007).

Ao utilizar-se erros sintácticos nos estímulos escolhidos o MMN demonstra activação na área esquerda de Perissylvian, conhecido como estando relacionado com o processamento sintáctico. Isto resulta numa evidência na interpretação cognitiva do MMN em que este indica um meio de avaliar a representação neural (do estímulo standard) em que a resposta do MMN reflecte a detecção de uma diferença entre ambos os estímulos, o que permite obter informação sobre a função perceptual e a memória do córtex auditivo. Esta informação sensorial transmitida pela memória sensorial indica que a geração do MMN corresponde à percepção do som e memória e não apenas à discriminação de diferenças acústicas (NÄÄTÄNEN, et al., 2007).

ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO

A resposta do MMN pode ser influenciada ou confundida com outros tipos de PEALL sendo bastante importante fazer essa distinção, principalmente relativamente ao N1. Podem considerar-se 5 métodos para diferenciar o N1 do MMN. A mais óbvia consiste no facto de MMN ser evocado por qualquer diferença entre o estímulo standard e o raro, mesmo quando essa diferença ocorre na intensidade. No N1 a diminuição de intensidade provoca uma diminuição de amplitude. Outra diferença é o facto do MMN poder ser obtido com uma diferença na duração dos estímulos, e o N1 não se alterar com essa diferença (HALL, 2007).

Outro factor a considerar é o ISI. O MMN não é muito afectado pelo ISI e pode desaparecer ou diminuir de amplitude com intervalos muito longos (10 segundos) entre os estímulos. Com o N1 e os outros PEALL verifica-se o oposto, ou seja com ISI curtos a amplitude diminui. O MMN é também obtido com diferenças relativamente curtas entre os estímulos enquanto o N1 é obtido com diferenças significativas entre os estímulos. Considera-se também que a latência do MMN está relacionado com a diferença entre os estímulos enquanto a latência do N1 se mantém inalterado pelas diferentes mudanças nos estímulos (HALL, 2007).

De igual modo para distinguir o MMN do N2 pode utilizar-se o critério de que a atenção do sujeito seja afastada do estímulo, sendo assim minimizando o factor N2.

Alguns autores consideram que existe uma relação entre o MMN e o N1, existindo duas teorias considerando na primeira que a resposta do N1 é atenuada em amplitude pela repetição do standard, secundariamente á adaptação da actividade neural (auditivo) em que o MMN surge com a adaptação transitória do N1, surgindo assim com o estímulo raro. Um outro modelo considera que a resposta do MMN ao estímulo raro surge de uma série de neurónios separados e independentes no córtex auditivo que respondem exclusivamente a alterações na estimulação acústica (HALL, 2007).

No entanto o melhor método de separar o MMN dos outros componentes é fazer a subtracção da resposta evocada pelo standard da resposta evocada pelo estímulo raro, eliminando ou minimizando quase totalmente o N1 e P2. No P300 a grande diferença consiste no facto do MMN ser a diferença entre as duas ondas, e no P300 essa diferença não existir (STAPPELLS, 2009).

A utilização de sinais de fala introduziu uma maior complexidade na análise dos resultados, introduzindo o termo MMN fonológico em que este parece reflectir um nível pré lexical de análise da fala que pode ser modificado pelo contexto linguístico e subsequente experiência linguística. Verificando que as diferenças entre os estímulos podem mesmo ser os limites acústicos dos fonemas sem que o indivíduo ouça um diferente fonema (HALL, 2007).

Uma das técnicas de medição do MMN é a determinação da área sob a curva, sendo esse valor comparado com os diversos resultados obtidos em micro volts (μV) e comparados com critérios normativos estabelecidos (100 a 200 μV) (HALL, 2007).

No entanto existem outros métodos para a obtenção da onda subtraída. Um desses métodos pode incluir a exclusão dos artefactos devido aos movimentos oculares do piscar dos olhos ou a correcção na onda final dos primeiros milissegundos (ms) de estimulação. Na derivação da onda deve ter-se em conta o mínimo de estímulos raros evocados de modo a que não seja introduzido ruído adicional na onda subtraída devido ao número reduzido de estímulos raros, diminuindo a relação sinal - ruído.

A análise das ondas é relativamente difícil também devido á pequena amplitude do MMN (normalmente 1 ou 2 μV). Normalmente a onda do MMN não apresenta um pico distinto ou uma região específica de deflexão negativa, mas uma onda que apresenta uma extensão de 100 ms ou mais (HALL, 2007).

Deve também ter-se em conta que a amplitude do MMN não permanece a mesma ao longo da sessão de registo podendo ocorrer uma diminuição de amplitude ao longo da sessão ou em sessões diferentes, ou aumentar a amplitude dum bloco de estímulos para o outro. O objectivo da análise do MMN é verificar a presença duma resposta neurofisiológica mesmo com *background* de ruído eléctrico. Tentando minimizar a sua presença, sendo que uma filtragem correcta e a média das respostas contribuem para minimizar o resultado (STAPELLS, 2009).

A reprodutibilidade está directamente relacionada com a redução do ruído captado, no entanto devido às diversas dificuldades na captação do MMN não existe ainda literatura concisa sobre o assunto, sendo que os estudos existentes sobre a fiabilidade de teste – reteste são raros. Contudo a fiabilidade/reprodutibilidade das respostas do MMN foram modeladas matematicamente e estatisticamente com experiências utilizando pequenos estudos e as características dos diferentes estímulos. Estas experiências variam em

relação á fiabilidade do MMN com coeficientes de correlação abaixo dos 0.50 e 0.78, devendo-se também ao facto dos estudos apresentarem um baixo número de indivíduos. Deve também ter-se em conta que em muitos normo-ouvintes não se detectam MMN. Devido a todos estes factores considera-se que na análise do MMN devem ser considerados diversos parâmetros tais como a latência, amplitude e/ou duração de resposta do MMN. A análise do MMN é normalmente precedida duma inspecção visual, tal como noutros Potenciais. Alguns aparelhos permitem já a marcação da área do MMN, no entanto é o investigador que analisa normalmente o cálculo da área, da latência e amplitude (HALL, 2007).

A latência é definida pelo máximo deflexão negativa. A amplitude é um pouco mais difícil de definir visto que é necessário definir uma *base line*, mas considera-se um máximo pico de amplitude negativa de modo a determinar-se a amplitude de deflexão. Outra a medição é o tempo de latência do MMN, ou duração da onda, e/ou área sendo considerado o tempo deste o início da deflexão até ao final. Este método apresenta várias dificuldades salientando-se o facto de ser necessário determinar o início e final da deflexão negativa correspondente ao MMN. No entanto deve ter-se em consideração as dificuldades inerentes á marcação da onda devendo utilizar-se diversos parâmetros (HALL, 2007).

CAPITULO 3

3 ACÚSTICA E FONÉTICA DA FALA

A fala e a percepção auditiva estão directamente relacionadas com a forma como os elementos acústicos são interpretados, sendo fundamental compreender esses elementos na distinção entre características fonéticas.

3.1 CARACTERÍSTICAS DO SOM

Um som é constituído por ondas que se propagam através de um meio elástico como o ar, os líquidos e os corpos sólidos. A onda na fala é produzida por um movimento vibratório simultâneo: som fundamental e sons parciais ou harmónicos. Fundamental é o som resultante da vibração do corpo como um todo, enquanto os harmónicos são produzidos pela vibração de suas diferentes partes (JUBRAN, 2004).

Um som é considerado uma alteração audível causada num meio geralmente provocado por uma fonte sonora. Essa alteração consiste numa onda sonora que, no caso da fala, se propaga normalmente no ar. A velocidade de propagação das ondas no ar é de 340 metros por segundo (m/s). A fala consiste num som complexo, o que significa que apresenta várias frequências que são ouvidas simultaneamente. De modo a compreender-se os sons complexos pode adicionar-se duas ondas de diferentes frequências. Se forem adicionadas ondas com a mesma frequência e fase, irá resultar numa onda sinusoidal (a representação de um som puro) no entanto ao adicionar-se dois ou mais sons puros com diferentes frequências o resultado obtido é um som complexo (RAPHAEL, et al., 2006).

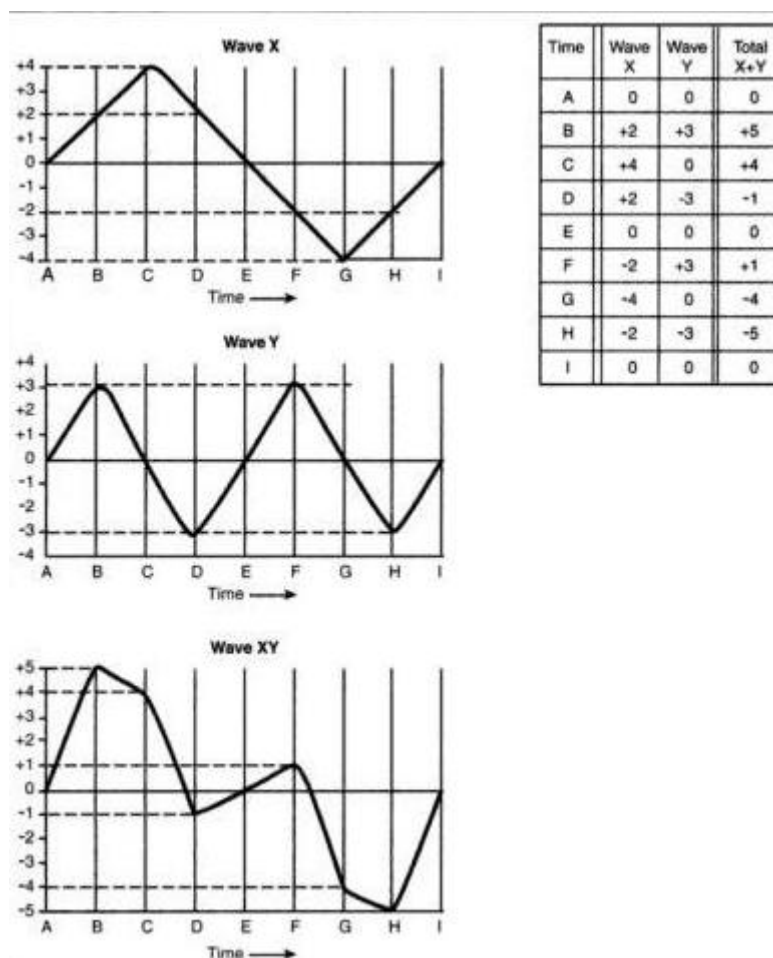


FIGURA 3.1 - SOM COMPLEXO OBTIDO ATRAVÉS DE DOIS SONS PUROS DE DIFERENTES FREQUÊNCIAS (RAPHAEL, ET AL., 2006)

Um som complexo pode ser também uma onda sonora periódica, quando se verifica que os parâmetros de vibração se repetem exactamente ao longo do tempo, ou uma onda aperiódica quando a vibração é aleatória e não apresenta um padrão de repetição no tempo (RAPHAEL, et al., 2006).

Alguns sons vocálicos são considerados vibrações quase periódicas, em que as frequências dos harmónicos são múltiplas da frequência do som fundamental, enquanto a maioria dos sons consonânticos são produzidos por vibrações aperiódicas em que não há nenhuma relação entre as vibrações que os compõem (JUBRAN, 2004).

DIFERENÇAS MÍNIMAS PERCEPTÍVEIS

A menor diferença perceptível entre dois sons designa-se por diferença mínima perceptível (*just noticeable difference* – JND), sendo muitas vezes chamado de ΔI . Para que dois sons muito próximos em intensidade sejam perceptíveis é necessário diferirem entre si num determinado valor, sendo esse valor fixo (GELFAND, 2001).

A diferença mínima perceptível mede o poder de resolução do sistema auditivo. Para determinar de acordo com a intensidade pode utilizar-se a lei de Weber (HENRIQUE, 2002), em que se verifica:

$$\frac{\Delta I}{I} = K$$

[Com I expresso em dB]

O limiar diferencial (*difference limen* – DL) é a mais pequena alteração detectada. Essa diferença para a intensidade aumenta com os aumentos do nível de sensação, que representa o número de decibéis acima do limiar auditivo. Considerando o limiar diferencial para as frequências este torna-se maior à medida que aumentam as frequências e o nível de sensação diminui (GELFAND, 2001).

LOUDNESS E PITCH

Estão relacionados com o modo como se percebem os atributos físicos da intensidade e frequência.

Loudness

A intensidade ou pressão sonora é uma das propriedades físicas de um sinal acústico. A *loudness* está directamente relacionada com a intensidade, verificando-se que um aumento da intensidade de um som leva à consideração deste som como sendo um som mais forte. No entanto como esta sensação de intensidade é uma sensação psicológica subjectiva, a *loudness* não é linearmente relacionada com a intensidade (RAPHAEL, et al., 2006).

Como tal diferentes sons podem apresentar a mesma intensidade física no entanto podem não ser igualmente audíveis, o que significa que a *loudness* depende da frequência (GELFAND, 2001), por isso sensações de igual *loudness* para diferentes podem requerer frequências diferentes intensidades (RAPHAEL, et al., 2006).

De modo a quantificar a sensação psicológica de intensidade foi desenvolvida uma escala – Escala de fones (*Phons*). Um fone é uma unidade de igual variação de *loudness*. Para avaliar como dois sons podem ser igualmente audíveis pode fazer-se uma comparação entre um som de 1000Hz com uma intensidade de 40dB SPL, alternando com um outro som de 100Hz com várias intensidades até se identificar aquela que seja igualmente audível, comparando com o som de 1000Hz a 40dB SPL. Repetindo este procedimento obtêm-se diversas curvas que são representativas de sensações de igual intensidade apesar de apresentarem diferentes níveis de pressão sonora. Normalmente o som de 1000Hz é considerado como a referência (GELFAND, 2001).

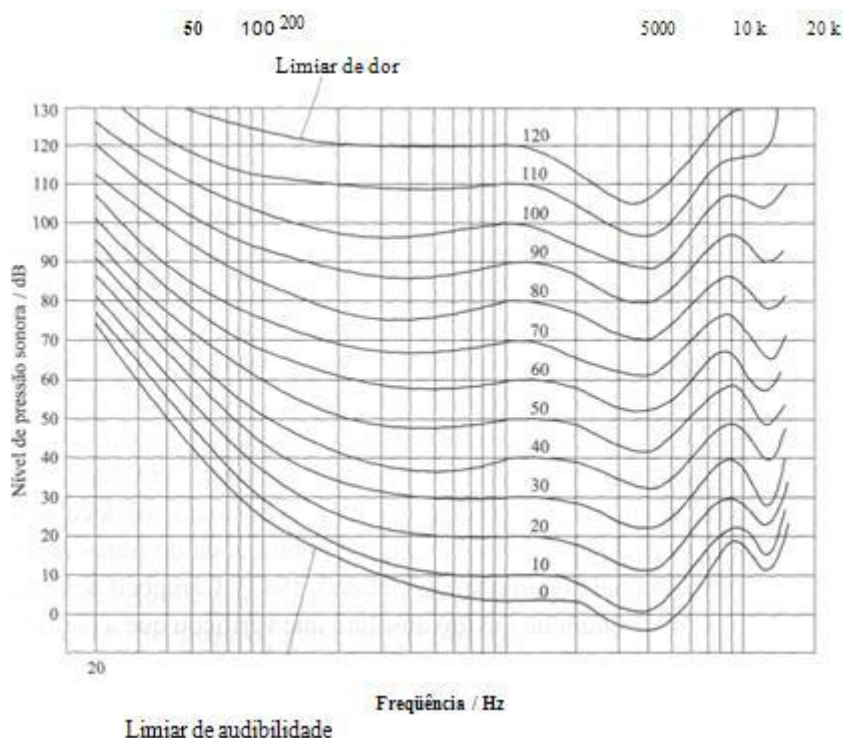


FIGURA 3.2 - CURVAS ISÓFONAS COM O MESMO NÍVEL DE IGUAL SENSÇÃO DE INTENSIDADE PARA SONS PUROS, DE ACORDO COM A RECOMENDAÇÃO DA ISO (INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION) (HENRIQUE, 2002)

O nível de pressão sonora do som de 1000Hz que tem igual *loudness* é o nível de *loudness* do som em teste, medido em fones. Por definição o nível de *loudness* de um som de 1000Hz a 40dB SPL corresponde a 40 fones de igual *loudness* (MOORE, 2003). As curvas de níveis de *loudness* podem ser designadas por curvas de igual *loudness* ou curva de Fletcher-Munsen. O valor de 40 fone, por exemplo, não corresponde a 40dB necessariamente mas ao SPL de diferentes frequências que são percebidas de igual modo comparativamente com a frequência de referência 1000Hz a 40dB SPL sendo o nível de *loudness* identificado como 40 fones (GELFAND, 2001).

A curva inferior da figura 3.2 etiquetada com 0 corresponde ao limiar de audibilidade. O sistema auditivo humano apresenta uma estrutura que está especialmente preparada para receber frequências médias (1000-6000Hz) com menos intensidade do que aquela que é necessária para frequências mais baixas e altas (RAPHAEL, et al., 2006). Várias escalas foram construídas de modo a relacionar a magnitude dos sons com a subjectividade da *loudness*. Destes estudos destaca-se Stevens, que introduziu dois métodos para se determinar a *loudness*. Num dos métodos procura-se estimar a magnitude de sons com níveis diferentes, e foi pedido aos indivíduos que atribuísem um número a cada um de acordo com a percepção da *loudness*. No segundo método, chamado de produção de magnitude, é pedido ao indivíduo para ajustar o nível do som teste até ter uma *loudness* específica, comparando em valores absolutos e relativos com o som standard. Stevens sugeriu que a percepção de *loudness* pode ser expressa através da função física de intensidade, I com:

$$L = KI^{0,3}$$

Com: I expresso em dB

L expresso em fones

Onde K é uma constante que depende do sujeito e das unidades utilizadas, sendo que a *loudness* de um som é proporcional à sua intensidade elevada a 0,3 (MOORE, 2003).

As curvas de fones demonstram uma relação de igual sonoridade entre diferentes sons mas estes não demonstram como a *loudness* está relacionada com a intensidade. A relação entre a intensidade e a *loudness* é chamada de Escala de Sones (GELFAND, 2001) e foi proposta por Stevens. Este autor propôs o sone como a unidade da *loudness*.

Um sone é definido arbitrariamente como a *loudness* de um som de 1000Hz a 40dB SPL (ver figura 3.3), apresentado binauralmente de uma direcção frontal em campo livre (MOORE, 2003).

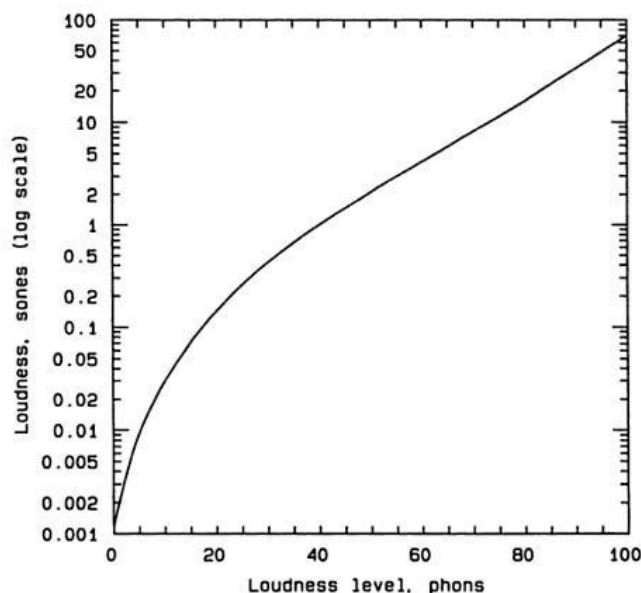


FIGURA 3.3 – RELAÇÃO ENTRE LOUDNESS EM SONES E O NÍVEL DE LOUDNESS EM PHONS PARA UM SOM DE 1000HZ (MOORE, 2003)

No entanto um som que é duas vezes mais forte que 40dB (um sone) deve ser dois sones e um som que é quatro vezes mais forte é quatro sones (GELFAND, 2001).

Pitch

O *Pitch* pode ser considerado como o atributo da sensação auditiva que permite ordenar os sons numa escala do grave para o agudo. Depende primeiramente da frequência do estímulo assim como da pressão sonora e da forma de onda do estímulo (PLANK, et al., 2005).

Os sons complexos podem ser considerados como a soma de diversos sons puros. Os sons complexos são normalmente ouvidos como uma única entidade, caracterizada pelo *pitch*. Esta percepção pode ser considerada como uma redução dos dados na qual o sistema auditivo evita uma multiplicidade de harmónicos e considera apenas uma unidade. Normalmente um som complexo periódico tem um *pitch* correspondente à frequência fundamental (F_0) (HARTMANN, 1997).

No entanto esse conceito não é totalmente rígido sendo que o *pitch* corresponde à frequência próxima à diferença de frequências entre os componentes dos sons complexos ou seja a frequência fundamental (FASTL, et al., 2007)

Apesar dos seres humanos poderem detectar sons de frequências muito baixas como 20 Hz, a mais baixa que é associada a tonalidade ou *pitch* perceptível é cerca de 20 Hz. É também necessária uma duração mínima para que um som tenha uma qualidade tonal, de cerca de 10 ms para frequências acima dos 1000 Hz. Nas frequências mais baixas é necessário que sejam longas o suficiente para conseguirmos ouvir diversos ciclos (períodos) de modo a que se identifique a tonalidade (15 ms a 500 Hz e 60 ms a 50 Hz). A relação entre o *pitch* e a frequência é feita através da escala de *mels* (figura 3.4) em que a unidade do *pitch* é o *mel*. Nesta escala a referência é um som de 1000 Hz a 40 fones, que tem um *pitch* de 1000 *mels*, sendo que 2000 *mels* é duas vezes o *pitch* de 1000 *mels* e 500 *mels* é metade (GELFAND, 2001).

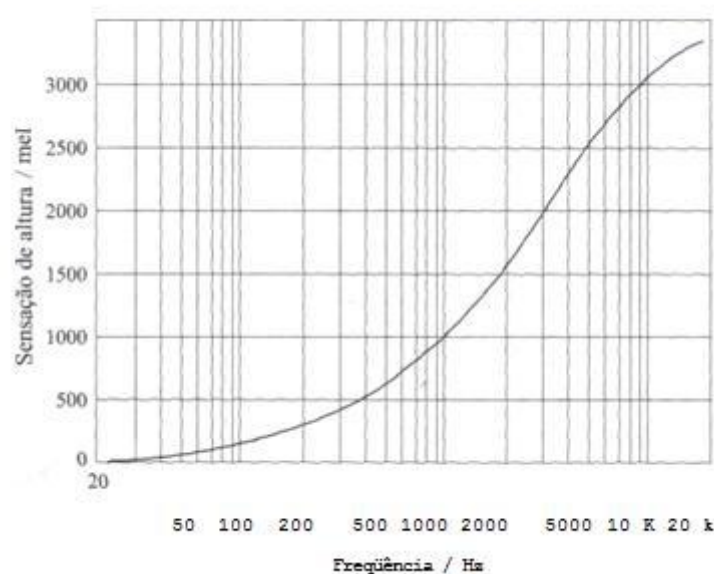


FIGURA 3.4 - ESCALA DE MELS (HENRIQUE, 2002)

No entanto a relação entre a frequência e o *pitch* é uma curva em forma de S, em que a duplicação do *pitch* de 1000 *mels* para 2000 *mels* corresponde ao triplo da frequência de 1000 Hz, ou seja, 3000 Hz (GELFAND, 2001).

Um som complexo pode ser definido como qualquer som com mais de uma frequência que evoque a sensação de *pitch*. Um som complexo periódico com harmónicos consiste numa série de harmónicos com frequências de múltiplos inteiros da frequência fundamental, e um som complexo aperiódico consiste em parciais que não apresentam relações periódicas. A maioria dos sons complexos apresenta a mesma frequência no 1º harmónico (componente fundamental). No entanto sons com uma energia muito baixa de F_0 apresentam um *pitch* forte correspondendo à fundamental. Considera-se portanto que deve ser possível derivar o *pitch* do componente fundamental através da informação de harmónicos mais elevados (PLANK, et al., 2005).

O *pitch* dos sons complexos depende em larga extensão da percepção dos harmónicos de um som em oposição ao local de máximo deslocamento ao longo da espiral coclear. Este fenómeno observa-se através da percepção do *pitch* residual em que o som complexo é composto unicamente por harmónicos de altas frequências de fundamentais sem existir energia na frequência fundamental em si (GELFAND, 2001).

3.2 FALA E FONÉTICA

O estudo da linguagem e dos sons da fala remonta aos gregos nos séculos III e IV a.C. mas no entanto o estudo da fala como ciência só surgiu no século XVIII, através dos estudos de Ferrein em 1791, onde procurava explicar como as cordas vocais produziam sons. O desenvolvimento de novas técnicas de síntese da fala e experiências em Psicoacústica tornaram possível explorar as propriedades fundamentais da fala humana. Actualmente começa-se a compreender como a fala é produzida e compreendida e como as propriedades do tracto vocal e os mecanismos neurais do cérebro contribuem para o processamento da fala. A compreensão da acústica e os factores envolvidos na percepção da fala são um importante factor a ter em conta para a compreensão e estudo das alterações neurológicas relacionadas com a produção e percepção da fala (LIEBERMAN, et al., 1988).

As disciplinas científicas Fonética e Fonologia centram-se principalmente no estudo dos sons da língua. A Fonologia estuda os sons que apresentam uma função na língua que permitem aos falantes a diferenciação de significados. A Fonética, identifica o modo

como os sons são produzidos pelos locutores e como são compreendidos pelos ouvintes, descrevendo os aspectos articulatórios e as propriedades físicas de todos os sons que correm na produção linguística (ANDRADE, et al., 1996; MATEUS, 2006).

Os processos que estão envolvidos no acto da fala são bastantes complexos, sendo principalmente a nível do sistema nervoso central que se situa o seu controlo. Na figura 3.5 pode observar-se um processo normal de comunicação, ocorrendo a captação e processamento dos sinais acústicos emitidos pelo falante, sendo transformados no sistema auditivo do ouvinte em sinais eléctricos de modo a poderem ser transmitidos no sistema nervoso. A informação auditiva é transmitida do sistema auditivo periférico para o sistema nervoso central onde é decodificada e compreendida (ANDRADE, et al., 1996).

As unidades de fala mais conhecidas são as palavras, e podem dividir-se em unidades mais pequenas, ou seja as sílabas. Estas, de acordo com a Linguística e a Fonética podem ser analisadas de acordo com divisões ainda menores, os sons da fala ou fonemas (MOORE, 2003).

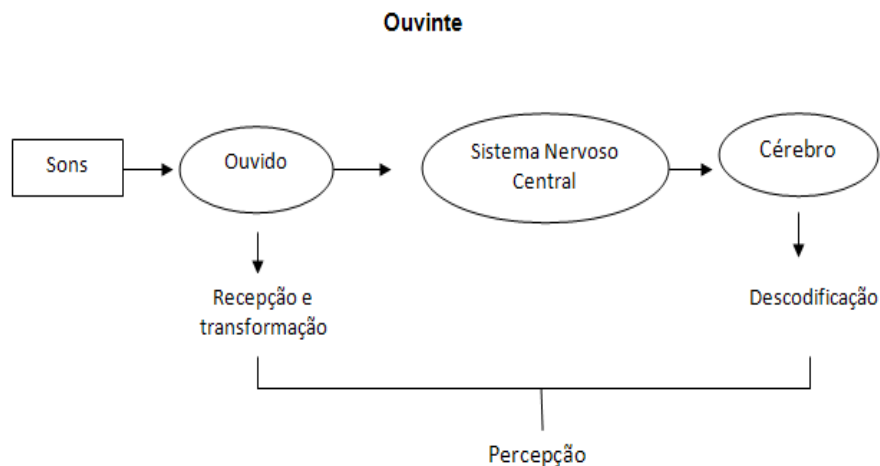


FIGURA 3.5 – DESCODIFICAÇÃO DA INFORMAÇÃO AUDITIVA ADAPTADO DE (ANDRADE, ET AL., 1996)

Um fonema é uma unidade constituída por diversos traços fónicos específicos de cada língua, combinando-se também entre si de modo bastante próprio de acordo com a língua em questão. É considerado *um conjunto de traços pertinentes que se realizam simultaneamente*. Os sons podem ser distinguidos pelas suas *características articulatórias* (ponto de articulação), ou seja o ponto de contacto dos órgãos inferiores móveis com os órgãos superiores fixos, assim como pelo *modo de articulação*, em que este representa o modo de abertura dos órgãos e o grau dessa abertura (BAYLON, et al., 1990).

Os sons podem dividir-se em três categorias: vogais, semivogais e consoantes, que podem ser classificadas de acordo com a função dos órgãos que participam na sua formação (AZEVEDO, 2003).

O tracto vogal é utilizado para denominar o conjunto das cavidades supraglóticas envolvidas na fala: laringe, faringe, boca e cavidade nasal. Este apresenta quatro ou cinco ressonâncias importantes que se designam por formantes, referindo-se este termo ao valor nominal da frequência central da zona de ressonância em questão. Esta frequência pode variar de acordo com os pontos de articulação (HENRIQUE, 2002).

3.3 PRODUÇÃO DE FALA

Apesar da produção de voz ser controlada pelo Sistema Nervoso Central, existe no aparelho fonador Humano três etapas: a *respiração* (aparelho respiratório) que proporciona a corrente de ar necessária para a maior parte dos sons da linguagem, a *fonação* (laringe) que cria a energia sonora utilizada na fala e *articulação* (cavidades supraglóticas) que actuam como ressoadores sendo o local onde se produzem a maior parte dos ruídos que compõem a fala (ver figura 3.6) (MARTINS, 1998).

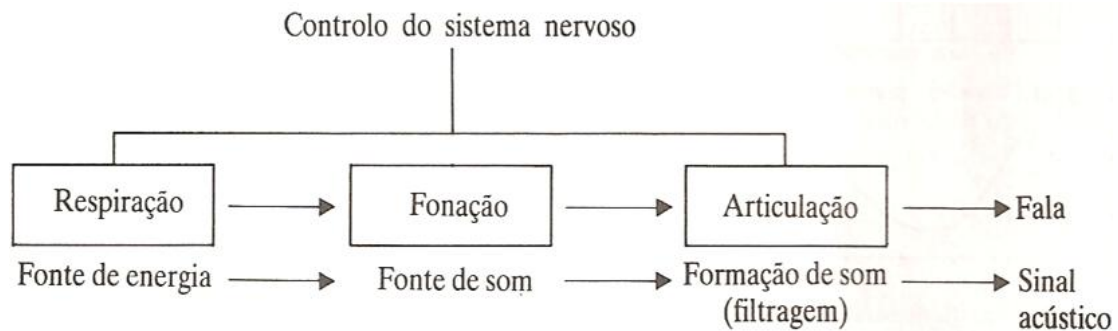


FIGURA 3.6 – FASES ENVOLVIDAS NO PROCESSO DA FALA (MARTINS, 1998)

3.3.1 RESPIRAÇÃO

A respiração compreende a duas etapas designadas inspiração e expiração. Nesta última etapa ocorre uma subida do diafragma e um abaixamento das costelas, resultante da expulsão de grande parte do ar contido nos pulmões, sendo esse o ar que se utiliza para a fonação, embora seja possível utilizar o ar proveniente da inspiração, tal apenas se efectua em condições excepcionais. Os pulmões funcionam como fonte de energia para a voz humana, aumentando a pressão dos pulmões de modo a ter uma pressão que actue como fonte de som (MARTINS, 1998).

3.3.2 FONAÇÃO

Na fala a produção de sons implica três tipos diferentes de fontes sonoras, uma fonte laríngea, uma fonte de ruído e uma fonte de transição.

As cordas vocais na laringe funcionam como um gerador de ondas periódicas, onde durante a respiração a passagem laríngea se encontra aberta. No decorrer da fonação as cordas vocais juntam-se dando início à expiração. Isto irá provocar um acréscimo da pressão naquela área o que fará com que as cordas vocais abram novamente. Quando a pressão diminui as cordas voltam a fechar sendo este movimento repetido rapidamente o que cria ondas regulares (MARTINS, 1998).

As descrições clássicas da vibração das cordas vocais são feitas tendo em conta o efeito de Bernoulli (HENRIQUE, 2002). Este efeito baseia-se no princípio de conservação da energia, estabelecendo que a velocidade e a pressão de um fluxo de ar são inversamente relacionadas. Quando o fluxo de ar chega às cordas vocais e estas se apresentam fechadas ou quase, a sua área de passagem diminui, o que faz aumentar a velocidade do ar atingindo o ponto máximo na glote. Há medida que o ar vai saindo e atravessa a glote a pressão diminui e as cordas vocais juntam-se (MARTINS, 1998).

O período fundamental, T_0 corresponde ao intervalo de tempo relativo a um ciclo de abertura das cordas vocais, sendo o seu inverso a frequência fundamental da fonação ou tom natural. A frequência fundamental, f_0 , é designada também por frequência fundamental da fala (*speaking fundamental frequency - SFF*) sendo considerada como um dos parâmetros mais importantes na caracterização da voz. Esta depende do comprimento das cordas vocais assim como da sua massa modal, características essas que são controladas pela musculatura e enervação da laringe. As diferenças encontradas entre adultos do sexo feminino e masculino assim como as crianças derivam dos diferentes tamanhos da laringe (HENRIQUE, 2002).

O ar passa pela laringe, na qual se localiza a glote, um orifício normalmente triangular onde se encontram as cordas vocais. Estas apresentam cartilagens e músculos que permitem aproximar as duas cordas provocando o seu fecho (ver figura 3.7). Normalmente durante a respiração a glote encontra-se aberta, tal como durante a articulação de algumas consoantes surdas. As cordas vocais ao vibrarem actuam como uma fonte sonora, produzindo sons vozeados (sonoros) – as obstrutivas sonoras (oclusivas e fricativas), todas as vogais e as consoantes nasais e líquidas (laterais e vibrantes) (MATEUS, 2006).



FIGURA 3.7 – ABERTURA E FECHO DA GLOTE (SENNA, 2009)

3.3.3 ARTICULAÇÃO

O ar circula vindo dos pulmões e da laringe atravessando as cavidades supraglóticas com uma configuração específica, em que estas filtram e actuam como cavidades de ressonância. Podem ser originados cinco tipos diferentes de articulação dependendo das variações de configuração dessas cavidades, com efeito na especificidade acústica do som produzido (MARTINS, 1998).

Após a entrada de ar a cavidade bucal funciona como caixa de ressonância, onde se formam cavidades de diferentes formas e tamanhos, determinadas pelos diferentes articuladores, em que os lábios, língua, palato mole/véu palatino e úvula apresentam mobilidade e o palato duro, alvéolos dentários e maxilar inferior são considerados sem mobilidade, tendo funções na produção de som e na sua definição (vogais, semi-vogais e consoantes). No caso das vogais e semivogais, não ocorre obstrução à passagem do ar, sendo definidas como fonte laríngea (MARTINS, 1998).

MODO DE ARTICULAÇÃO

Nos sons pode fazer-se a distinção entre os diversos modos de articulação, ou seja o modo de articulação dos órgãos e o grau dessa abertura. Quando ocorre o fecho completo do tracto vocal cria-se uma pressão elevada de um dos lados da oclusão, em que a rápida igualização da pressão de ambos os lados resulta numa explosão sonora. Surge assim um som transiente produzido por essa abertura repentina, em que a origem é um sinal acústico não periódico que se designa por fonte de ruído transiente. Este processo ocorre em consoantes *oclusivas* (BAYLON, et al., 1990; MARTINS, 1998).

As consoantes podem também ser fricativas, verificando-se que o ar passa por um canal mais ou menos largo no centro da boca. Nestes casos ocorre como fonte sonora o ruído, que é produzido na cavidade bucal após atingir uma determinada velocidade, de modo a criar-se uma determinada turbulência. As fricativas podem ser consideradas *surdas* quando o som produzido apresenta passagem de ar mas não uma fonte laríngea, ou podem ser consideradas *sonoras* quando apresentam inicialmente uma fonte laríngea (BAYLON, et al., 1990; MARTINS, 1998).

Quando se verifica que o ar também passa pela cavidade nasal, devido ao abaixamento do véu palatino, produz-se um som nasal. Este pode resultar numa consoante, quando a passagem bucal se encontra fechada, ou numa vogal se a passagem nasal é associada à passagem bucal. (MARTINS, 1998; MATEUS, 2006).

Os sons laterais têm uma constrição provocada pela parte média da língua no centro da boca, em que a língua se eleva no sentido do palato duro, passando o ar pelos lados. Nos sons vibrantes verifica-se que a passagem de ar provoca uma vibração na zona do véu palatino, ou seja ocorre um fechamento intermitente (MATEUS, 2006).

VOGAIS

Habitualmente descreve-se as propriedades acústicas das vogais através da teoria clássica designada fonte-filtro, em que se considera como fonte o som laríngeo que resulta da variação no tempo do fluxo glótico, enquanto o tracto vocal desempenha um papel de filtro seleccionando as frequências que serão radiadas. Da informação contida no som laríngeo, o tracto vocal concentra a sua energia acústica principalmente nas regiões frequenciais relativas aos formantes. Este método origina uma simplificação da informação que será processada pelo sistema auditivo (HENRIQUE, 2002).

Na figura 3.8 pode-se observar a separação de um som emitido em duas partes, um som gerado pelas cordas vocais – som laríngeo, e pelas ressonâncias do tracto vocal – formantes.

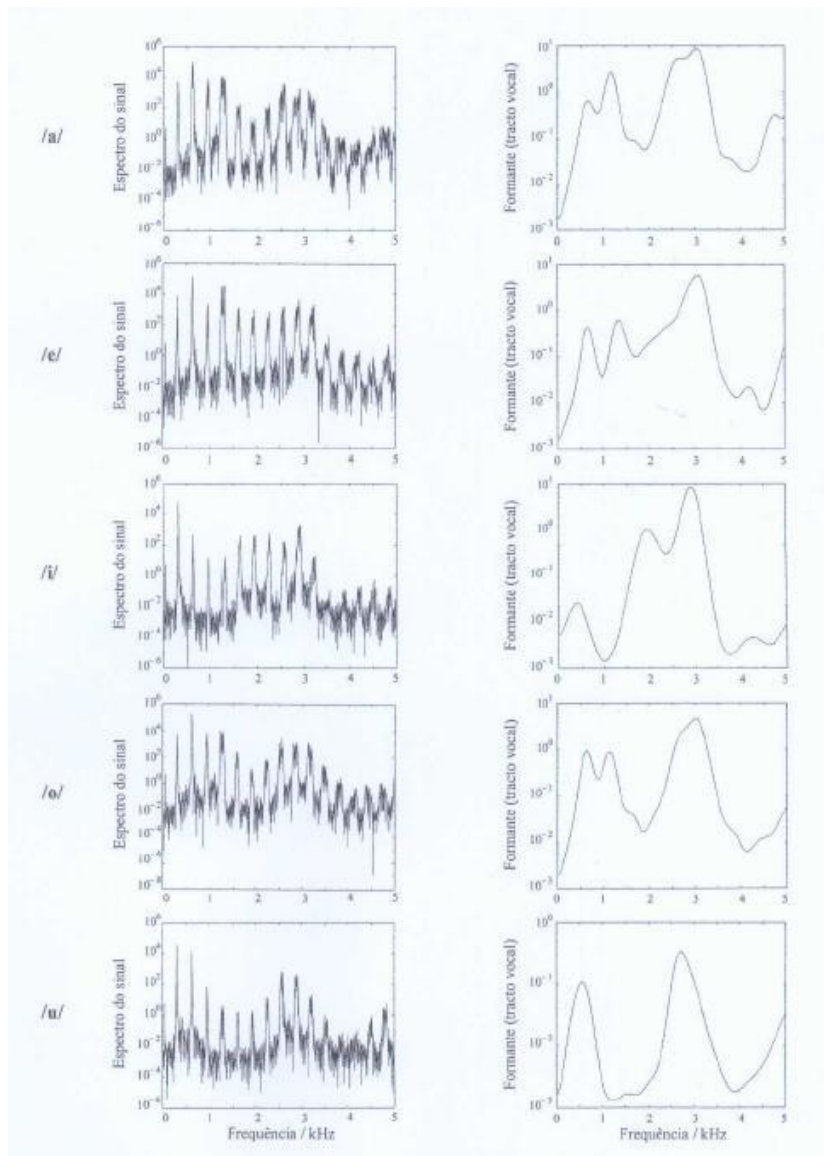


FIGURA 3.8 – CONTEUDO ESPECTRAL E FORMANTES DA VOGAIS (HENRIQUE, 2002)

As vogais formam-se sem qualquer obstrução à passagem do ar, e a sua especificidade, o timbre, depende de diversos factores tais como a altura relativa da língua, a sua posição ao longo do eixo horizontal, e a posição dos lábios.

De acordo com a posição da língua as vogais podem ser caracterizadas em altas, médias ou baixas, e dependendo da posição ao longo do eixo horizontal podem ser classificadas em anteriores, centrais ou posteriores. As vogais podem ainda ser classificadas em relação à posição dos lábios em arredondados e não arredondados, observando-se na figura 3.9 essa classificação (AZEVEDO, 2003).

ALTURA ↓ PUNTO DE ARTICULAÇÃO →	ANTERIOR OU PALATAL	CENTRAL	POSTERIOR OU VELAR
ALTAS	[i, ɪ]	[ɨ]	[u, ʊ]
MÉDIAS	[e, ẽ]	[ɘ, ɜ]	[o, ɔ]
BAIXAS	[ɛ]	[a]	[ɔ]
	NÃO ARREDONDADAS		ARREDONDADAS

FIGURA 3.9 – VOGAIS DO PORTUGUÊS EUROPEU (MATEUS, 2006)

Tal como as vogais, as semivogais são sons articulados onde não existe qualquer obstáculo à passagem do ar. A diferença existente entre ambas reside no facto de a vogal ser pronunciada com a língua momentaneamente estável numa determinada posição enquanto a semivogal exige um movimento da língua (AZEVEDO, 2003).

CONSOANTES

Podem ser definidas como sons da fala cuja articulação implica uma obstrução parcial ou total, que se verifica em um ou vários pontos do tracto vocal. Essa obstrução na passagem do ar provoca um ruído que constitui a consoante (DUBAIS, 2001).

Para a descrição acústica dos consoantes utiliza-se frequentemente o modo e o ponto de articulação. De acordo com o ponto de articulação, na classificação das consoantes pode-se considerar os lábios (labial ou bilabial), os dentes (lábio-dentais e apico-dentais), o palato (palatais) e alveolares e velares.

Tendo em conta a componente laríngea, ou seja a vibração das cordas vocais, a classificação pode ser em vozeadas e não-vozeadas (sonoras e surdas). Considerando o modo de articulação as consoantes podem ser designadas por: oclusivas, fricativas, laterais e vibrantes (HENRIQUE, 2002).

Na figura 3.10 pode observar-se a classificação de consoantes de acordo como o modo e ponto de articulação.

PONTO DE ARTICULAÇÃO ↓	MODO DE ARTICULAÇÃO →	OCCLUSIVAS		FRICATIVAS	LATERAIS	VIBRANTES
		ORAIS	NASAIS			
BILABIAIS	VOZEADA	b	m			
	NÃO-VOZEADA	p				
LÁBIO-DENTAIS	VOZEADA			v		
	NÃO-VOZEADA			f		
APICO-DENTAIS	VOZEADA	d		z		
	NÃO-VOZEADA	t		s		
ALVEOLARES	VOZEADA		n		l	r
	NÃO-VOZEADA					
PALATAIS	VOZEADA		ɲ	ʃ	ʎ	
	NÃO-VOZEADA			ʃ		
VELARES	VOZEADA	g			ʎ	R
	NÃO-VOZEADA	k				

FIGURA 3.10 – PONTO E MODO DE ARTICULAÇÃO DAS CONSOANTES (MATEUS, 2006)

3.4 PERCEPÇÃO DA FALA

A linguagem surge de uma forma bastante precoce na vida humana com a aquisição de padrões de sons da fala, surgindo no primeiro ano de vida as principais aquisições linguísticas tais como o controle da musculatura envolvida no processo de produção da fala, a sensibilidade às diferenças fonéticas utilizadas na fala pelos pais e a sensibilidade aos traços prosódicos que indicam a entonação. Os bebés apresentam essa capacidade antes de produzirem ou compreenderem palavras, o que pode indicar que esta aprendizagem não depende da relação entre som e significado (TRISTÃO, et al., 2003).

A capacidade para compreender a fala é um dos aspectos mais importantes na avaliação da função auditiva. A compreensão da fala é influenciada por diversos factores que estão relacionados com a percepção, a motivação e a atenção, a subjectividade, a construção e a memória, as expectativas e as experiências, o cérebro e o sistema nervoso, entre outros (JEKOSCH, 2005). Esses factores podem ser observados na figura 3.11 de acordo como o modelo de percepção auditiva da fala considerado por Jekosch.

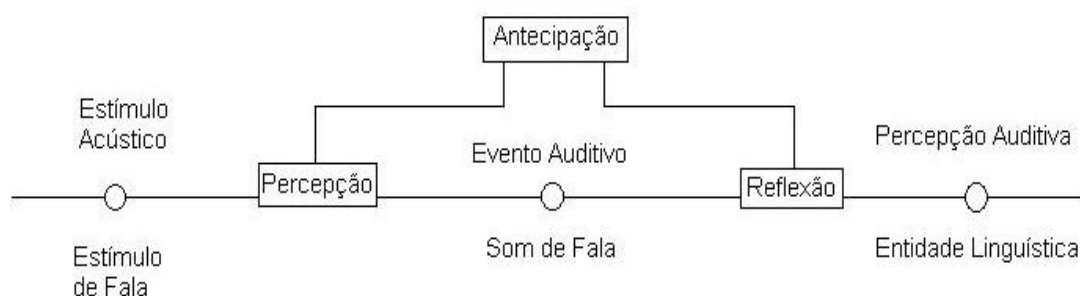


FIGURA 3.11 - MODELO DE PERCEPÇÃO AUDITIVA DA FALA, ADAPTADO DE (JEKOSCH, 2005)

A percepção da fala é associada à identificação e discriminação de alguns factores acústicos como o *pitch*, a duração e a *loudness*, os fonemas e palavras, assim como à memória e funções cognitivas.

Nos últimos 50 anos verificou-se por parte dos investigadores, uma maior incidência de estudos sobre o mapeamento cerebral desencadeado por sinais de propriedades acústicas e elementos fonéticos tais como fonemas e a sua distinção. No entanto esse processo encontra-se ainda em discussão devido à complexidade dos processos envolvidos, não existindo ainda uma explicação completa sobre o reconhecimento de consoantes e vogais (DIEHL, et al., 2004).

Alguns autores consideram que a percepção da fala não é apenas baseada em variações dos padrões acústicos existentes no espectro da fala, sendo importante considerar que num dado discurso os padrões acústicos variam de uma forma complexa de acordo com os sons precedentes e seguintes. O contexto linguístico não é considerado como essencial na percepção da fala visto que é possível identificar sílabas isoladas sem significado, assim como para o discurso contínuo a percepção não depende apenas de indicações presentes nas ondas acústicas mas os ouvintes apresentam a capacidade de perceber a palavra correctamente mesmo na presença de um som estranho mascarante, como por exemplo a tosse, desde que esta apresente uma intensidade elevada e exiba componentes frequenciais semelhantes ao som desaparecido. Este processo ocorre com bastante frequência em situações de ruído ambiente sendo um indicativo da importância de pistas não acústicas na percepção (MOORE, 2003).

A percepção auditiva consciente depende da integridade anatómica e funcional das vias primárias e não primárias, verificando-se esse facto durante o sono, visto que a via auditiva primária funciona normalmente (as sensações auditivas são decodificadas) mas isso não é percebido conscientemente, pois a ligação entre a via reticular e o centro da vigília está inactivada. De igual modo, uma patologia que afecte o córtex (coma profundo) suprime a percepção auditiva consciente mas permite exprimir reacções reflexas e vegetativas ao som (PUJOL, 2003).



FIGURA 3.12 – INTEGRAÇÃO COMPORTAMENTAL DA INFORMAÇÃO AUDITIVA (PUJOL, 2003)

Os processos relacionados com a audição continuam actualmente a ser investigados devido ao elevado grau de complexidade da anatomia do sistema auditivo e das vias neurais (ver figura 3.12 e 3.13). No entanto considera-se que o córtex está relacionado com a análise de aspectos mais complexos do estímulo, que não apenas a frequência e a intensidade. Analisando os neurónios corticais descobriu-se que muitos deles não respondem a sons puros, e fazendo uma comparação das suas propriedades com as dos neurónios que respondem determinou-se que estes são bastantes diferentes. Considera-se que existem níveis de funções entre eles, sendo sugerida uma

organização hierárquica, em que várias unidades convergem para uma, e o córtex é organizado topograficamente, onde determinadas zonas respondem a estímulos específicos com determinadas bandas frequenciais. Em alguns estudos os investigadores concluíram que alguns neurónios apenas respondem se a frequência dos estímulos se alterar e se esse som for modulado. Chegou-se também à conclusão que para alguns neurónios a duração do som e a sua localização eram factores bastante importantes para iniciar a sua activação (MOORE, 2003).

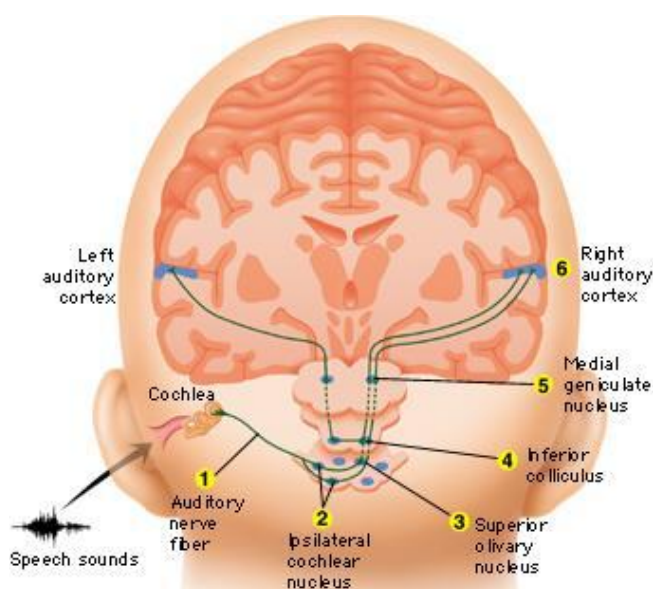


FIGURA 3.13 – VIAS AUDITIVAS (CALHOUN, 2000)

Na audição de dois sons complexos, tais como vogais, habitualmente não se confundem os harmónicos pertencentes a cada som. São percebidos como duas fontes separadas, mesmo que se verifique que estejam interligados ou coincidentes.

Este processo verifica-se se os dois sons apresentarem diferentes frequências fundamentais (F_0). Em algumas experiências determinou-se que a percepção normal de vogais apenas surge como uma única se os harmónicos apresentarem a mesma frequência fundamental. É necessária uma diferença de mais de 6% na F_0 para que seja possível distinguir correctamente as vogais apresentadas ao mesmo tempo (MOORE, 2003).

Uma das dificuldades na percepção da fala é o facto dos primeiros formantes serem bastante semelhantes para determinadas consoantes, como por exemplo /b, d, g/. Outros aspectos do som irão determinar qual das três consoantes será ouvida. Como tal considera-se que é a transição do 2º formante que irá dar a indicação que permitirá identificar correctamente o som. Após a consoante inicial ser produzida os lábios colocam-se na posição correcta para a vogal seguinte, sendo que é normalmente a vogal que dá a indicação correcta para o som, sendo pouco frequente tal suceder com consoantes. No entanto as vogais surgem normalmente entre consoantes o que indica que a vogal por si só não dá indicações do som mas é influenciada pelo anterior, resultando da co-articulação (MOORE, 2003).

3.2.1 PERCEPÇÃO CATEGORIAL

A percepção categorial implica que na percepção da fala a discriminação é relacionada com a presença ou ausência de diferenças fonéticas entre os sons. Normalmente a distinção é feita com sílabas sintetizadas de consoantes e vogais (CV), tal como /ba/ versus /pa/, /da/ versus /ta/ e /ga/ versus /ka/. É feita uma distinção entre /b/, /d/ e /g/ e /p/, /t/ e /k/ devido às primeiras serem vozeadas e as segundas não vozeadas (DIEHL, et al., 2004).

Considera-se normalmente como traço distintivo entre a língua, o vozeamento, sendo uma propriedade que permite distinguir entre si consoantes, normalmente na classe das consoantes oclusivas. Descreve-se normalmente em termos articulatórios as consoantes em vozeadas (ou sonoras) como aquelas que durante a sua produção as cordas vocais se encontram em vibração, em oposição às não vozeadas (ou surdas), articuladas sem que se verifique a vibração glótica (VELOSO, 1997).

Um parâmetro acústico importante no estudo dos fonemas é o “*voice onset time*” - VOT (Tempo de ataque vozeado) que corresponde ao tempo que decorre entre o início da oclusão articulatória ou seja a vibração glótica (DIEHL, et al., 2004) e a abertura do canal oral que caracteriza a última fase de uma articulação oclusiva (a explosão).

Considera-se que para as consoantes surdas o VOT apresenta valores elevados, pois verifica-se que após a explosão as cordas vocais permanecem sem vibração durante algum tempo, iniciando-a por norma durante a articulação vocálica seguinte. Nas consoantes sonoras verifica-se o contrário e o valor de VOT é muito baixo ou mesmo negativo. Apesar de os valores médios de VOT serem diferentes de língua para língua e possam variar em função de factores como o contexto fonético e o ponto articulatorio, esta característica é considerada em diversos estudos como uma das principais correspondências acústicas do vozeamento, independentemente da língua em questão. Considerando-se o Português, em estudo elaborados sobre a funcionalidade do VOT nesta língua, indicaram uma barreira inter-categorial surdo/sonoro na percepção das oclusivas bilabiais com um valor de VOT de -35 ms, ou seja existindo um pré-vozeamento, início da vibração glótica antes da explosão, na ordem dos 35 ms, em que os nativos da língua identificam, no caso das bilabiais, estímulos consonânticos como consoantes sonoras. No entanto vários autores consideram que o vozeamento é um dos traços distintivos e não o único, que preenche a categoria dos traços laríngeos, tal como a constrição e distensão glotal. Embora não seja negada a sua importância considera-se que existem outras propriedades distintivas das línguas (VELOSO, 1997).

CAPITULO 4

4 AVALIAÇÃO AUDITIVA PREVIA

4.1 OTOSCOPIA

A otoscopia consiste na observação do canal auditivo externo, desde o seu início no pavilhão auditivo até à membrana timpânica. Essa observação pode ser feita através do Otoscópio ou podem ser utilizados video-otoscopios (normalmente em ORL).

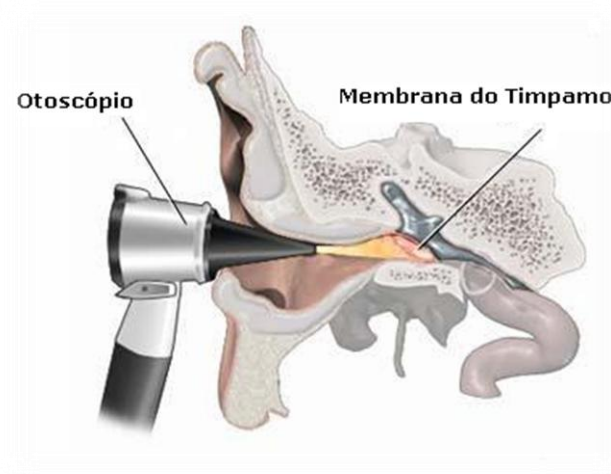


FIGURA 4.1 – OTOSCOPIA (ADAM, 2004)

Pretende-se verificar se estão reunidas as condições necessárias para se efectuar os diversos exames audiológicos, para que os resultados destes não sejam influenciados por factores externos, sendo importante realizar antes de efectuar exames como a Impedância, Audiometria Tonal Simples (ATS), Otoemissões Acústicas (OEA) ou na impressão de Moldes Auditivos.

O objectivo desta observação do canal auditivo externo é verificar a presença de corpos estranhos, observar a existência de cerúmen obliterante, devendo ter-se em conta que a presença de cerúmen é normal. Serve também para observar a membrana timpânica e verificar a presença de perfurações ou alterações (PENHA, et al., 1998).

É importante ter em conta as diferenças anatómicas consoante as idades.

4.2 IMPEDÂNCIA ACÚSTICA

A funcionalidade da cadeia tímpano-ossicular pode avaliar-se de um modo objectivo através do estudo da impedância do ouvido médio. A timpanometria estuda as variações de impedância no canal auditivo externo em função das modificações de pressão exercidas de um modo artificial. O registo gráfico das variações de *compliance* em função da pressão designa-se timpanograma (REIS, 2002b).

O timpanograma permite-nos obter os valores do volume do canal auditivo externo, e o pico de máxima compliance, que nos indicam a normalidade de acordo com valores estabelecidos. Na figura seguinte podem observar-se as classificações de acordo com Jerger, em que A é normal e os restantes demonstram alterações (FRANCHE, et al., 1998).

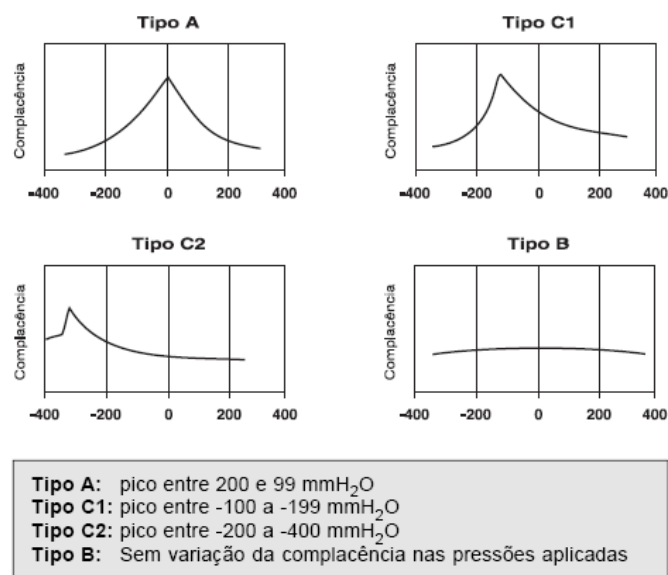


FIGURA 4.2 - CLASSIFICAÇÃO MODIFICADA DE JERGER (FRANCHE, ET AL., 1998)

A pesquisa dos reflexos acústicos possibilita a investigação do sistema aferente (sensorial) e do sistema eferente (motor) do arco reflexo estapedico, além do sistema tímpano ossicular (CARVALLO, et al., 2004).

O reflexo estapédico é definido como uma contracção dos músculos do ouvido médio induzida por um estímulo acústico intenso.

O reflexo acústico envolve núcleos auditivos do tronco cerebral relacionados com actividades do processamento auditivo. Quando ocorrem alterações no reflexo acústico pode ser uma indicação de alteração em alguns destes núcleos e problemas nas habilidades envolvidas no processamento auditivo, como a localização, detecção frequencial, atenção selectiva e reconhecimento de fala no ruído (CARVALLO, et al., 2004).

O limiar do reflexo acústico é considerado como a menor intensidade do estímulo sonoro, que causa uma mudança da *compliance* do ouvido médio. Em indivíduos com audição normal os níveis de intensidade necessários para desencadear o reflexo acústico são de 70 a 100 dB acima do limiar auditivo (KATZ, 1999).

As frequências mais indicadas para o estudo da latência do reflexo acústico são 500, 1000 e 2000 Hz, sendo 1000 e 2000 Hz as mais sensíveis (ALMEIDA, et al., 2007), embora também se possa testar os 4000Hz (LINARES, et al., 2004).

Os reflexos estapédicos podem ser obtidos por estimulação ipsilateral ou contralateral (REIS, 2002b).

4.3 AUDIOGRAMA TONAL SIMPLES

Consiste essencialmente na pesquisa de limiares auditivos por via aérea e via óssea. Através do audiograma tonal simples é possível averiguar os limiares auditivos nas várias frequências (125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000Hz, 4000 Hz e 8000 Hz), com intensidades que variam entre -10 e 120 dB HL. Através da via aérea é feita uma análise da cadeia ossicular e da cóclea. A via óssea estuda a funcionalidade da transmissão do som da mastóide até à cóclea (REIS, et al., 2002c)

Pretende-se com este teste determinar o limiar de audibilidade mínimo para cada frequência. O limiar auditivo é definido como a intensidade mínima a que um som é audível em pelo menos 50% das vezes (REIS, et al., 2002c). O teste é efectuado através de auscultadores, colocando-se o indivíduo numa cabine insonorizada, assinalando as respostas através do premir de um botão ou levantando a mão (GELFAND, 2001).

Na avaliação da via aérea é colocado um vibrador ósseo na mastóide do ouvido a testar, obtendo-se os limiares ósseos (REIS, et al., 2002c).

De acordo com o BIAP 02/1 (Bureau International d'Audio-Phonologie) de 1997 a hipoacúsia pode ser classificada de acordo com o Grau, sendo calculada da seguinte forma:

$$\text{Perda em dB} = \text{Limiar da Via aérea (dB)} \left[\frac{500\text{Hz} + 100\text{Hz} + 2000\text{Hz} + 4000\text{Hz}}{4} \right]$$

I - Perda auditiva inferior a 20 dB – Audição Normal;

II - Perda auditiva entre 21 e 40 dB – Hipoacúsia de Grau Ligeiro;

III - Perda auditiva entre 41 e 70 dB – Hipoacúsia de Grau Médio;

Perda auditiva entre 41 e 55 dB – Hipoacúsia de Grau Médio tipo I;

Perda auditiva entre 56 e 70 dB – Hipoacúsia de Grau Médio tipo II;

IV - Perda auditiva entre 71 e 90 dB – Hipoacúsia de Grau Severo;

Perda auditiva entre 71 e 80 dB – Hipoacúsia de Grau Severo tipo I;

Perda auditiva entre 81 e 90 dB – Hipoacúsia de Grau Severo tipo II;

V - Perda auditiva entre 91 e 119 dB – Hipoacúsia de Grau Profundo;

Perda auditiva entre 91 e 100 dB – Hipoacúsia de Grau Profundo tipo I;

Perda auditiva entre 101 e 110 dB – Hipoacúsia de Grau Profundo tipo II;

Perda auditiva entre 111 a 119 dB – Hipoacúsia de Grau Profundo tipo III;

VI - Perda auditiva total – Cofose (perda média igual ou superior a 120 dB).

4.4 AUDIOGRAMA VOCAL

Enquanto que na Audiometria Tonal o limiar representa o nível mínimo em que um som é ouvido no limiar vocal representa o nível mínimo ao qual a fala é audível ou inteligível.

Consideram-se os seguintes limiares em audiometria vocal: Limiar de detecção da fala (SDT) representa o nível de intensidade mais baixo a que a fala é ouvida 50% das vezes, o Limiar de percepção da fala, e o Limiar de recepção da fala (SRT) – o nível de

intensidade mais baixo em que a fala é identificada ou reconhecida correctamente 50% das vezes (PENROD, 1999).

O SRT ou limiar de Integibilidade para palavras dissilábicas pretende medir o limiar de sensibilidade auditiva através da identificação do nível de intensidade em que o indivíduo consegue identificar correctamente 50% ou mais de uma lista de palavras dissilábicas (PENROD, 1999; ROQUE, 2008).

4.5 OTOEMISSIONES ACÚSTICAS (OEA)

São vibrações sonoras que a Cóclea emite espontaneamente ou em resposta a uma estimulação sonora. Podem ser captadas no Canal Auditivo Externo (CAE) através de uma sonda. O som vai viajar pela base da cóclea, provocando a vibração da cadeia ossicular, vibração essa que vai ser transmitida à membrana timpânica. A membrana timpânica vibra de modo semelhante a um telefone, produzindo o som que é captado no CAE (ROBINETTE, 2007).

O objectivo das OEA é realizar a análise da função coclear independentemente do estado do sistema auditivo central.

As OEA Espontâneas surgem naturalmente sem ser necessário qualquer tipo de estimulação, enquanto as OEA Evocadas surgem após estimulação acústica.

Há três tipos de OEA Evocadas: as Frequência - Estimulo – SFOEA, as Transitórias – TOEA e os Produtos de distorção – DPOEA (ROBINETTE, 2007).

Neste estudo foram efectuadas as otoemissões evocadas por Produtos de Distorção. A estimulação é feita com 2 sons puros (chamados primários) de frequências f_1 e f_2 . A sonda contém 2 altifalantes (transdutores) para estimulação e 1 microfone para gravar os sons do CAE (HALL, 2000).

A onda sonora ao chegar dentro da cóclea provoca a vibração da membrana basilar. Isto cria uma força entre a membrana basilar e a membrana tectorial, que provoca um movimento de avanço e recuo dos estereocílios. Assim a cada onda sonora as células ciliadas externas encolhem e alongam-se, empurrando a membrana tectorial,

amplificando selectivamente a vibração da membrana basilar. Essa vibração é posteriormente captada no ouvido externo e consiste nas OEA (HALL, 2000).

Na medição dos DPOEA é de extrema importância a relação frequencial entre f_1 e f_2 . O valor ideal para essa relação é de 1.20 (alguns autores consideram 1.22) e o aumento ou diminuição desse valor faz decrescer abruptamente a Amplitude. (HALL, 2000).

4.1 POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS DO TRONCO CEREBRAL

Uma das grandes vantagens dos PEATC é não serem invasivos e a sua medição ocorrer no exterior do corpo através dos eléctrodos (GELFAND, 2001).

A sua utilidade é baseada na sua capacidade para detectar anomalias sensoriais, não detectadas na examinação neurológica. Também são importantes para revelar malformações sensoriais originadas noutras áreas do sistema nervoso central. Os PEATC são de igual modo relevantes no que respeita à localização da patologia e à monitorização da evolução do estado clínico do doente (CHIAPPA, 1990).

Os sons são apresentados através de auscultadores e a resposta é recolhida por eléctrodos. A actividade sensorial e neural chega à superfície dos eléctrodos através das estruturas auditivas dos tecidos e fluidos corporais. É feita uma análise e um cálculo do tempo entre a apresentação do estímulo e a ocorrência da resposta. O tempo que decorre é normalmente inferior a 1 segundo, sendo descrito em milisegundos (HALL, 2007).

A actividade da resposta deve-se basear em diversos parâmetros tais como a morfologia das ondas, a relação latência/amplitude, a latência das ondas, a amplitude das ondas, o limiar das respostas, os intervalos interpicos I-V, I-III e III-V, e a comparação binaural. Considera-se a existência de 7 ondas e é normalmente o desaparecimento da onda V que marca o limiar electrofisiológico, o qual se situa em média 20 a 30 dB acima do limiar audiométrico (RUAH, et al., 1998a).

CAPITULO 5

5 APLICAÇÃO DOS ESTÍMULOS DE FALA EM PORTUGUÊS EUROPEU

A aplicação do teste de MMN foi efectuada na Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Coimbra, no Laboratório de Audiologia. A recolha de dados foi efectuada durante o mês de Julho de 2009. Todos os indivíduos participantes no estudo ou os seus representantes legais foram informados sobre os objectivos do mesmo (consentimento informado), dando autorização para a utilização dos dados recolhidos, sendo garantida a confidencialidade dos dados e a sua utilização apenas para fins de investigação.

Para a aplicação do MMN utilizando estímulos de fala foram necessárias diversas etapas que se irão descrever seguidamente.

5.1 ETAPAS NA PESQUISA DOS ESTÍMULOS DE FALA

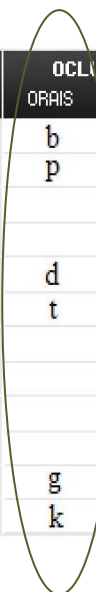
Para a escolha das palavras em Português Europeu a incluir neste estudo foram necessárias várias etapas que iremos descrever sucintamente de seguida.

ESCOLHA DAS PALAVRAS EM PORTUGUÊS EUROPEU

A escolha das palavras a incluir foi feita com base nas possibilidades existentes na lista elaborada por ROQUE (2008), onde a autora elaborou 15 listas de 25 palavras de acordo com 25 critérios fonológicos previamente definidos, que assentavam em determinadas propriedades tais como segmentais (fonemas) e supra-segmentais (acento) que se consideram como pertinentes na percepção da fala. Pretende-se que as listas de palavras permitam avaliar de forma mais aperfeiçoada o desempenho de indivíduos na Audiometria Vocal.

Para a realização do MMN são necessários pelo menos dois estímulos de modo a um ser o standard e o outro o raro. Como tal escolheu-se aleatoriamente quatro palavras das listas propostas por ROQUE (2008) *beta*, *bota*, *data* e *gama* (anexo 1) e criou-se pares de acordo com o modo de articulação, sendo incluídas apenas palavras cuja letra

inicial pertencesse ao grupo das oclusivas orais e fossem vozeadas de modo a variarem apenas no ponto de articulação.



PONTO DE ARTICULAÇÃO ↓	MODO DE ARTICULAÇÃO →	OCLUSIVAS	
		ORAIS	NASAIS
BILABIAIS	VOZEADA	b	m
	NÃO-VOZEADA	p	
LÁBIO-DENTAIS	VOZEADA		
	NÃO-VOZEADA		
APICO-DENTAIS	VOZEADA	d	
	NÃO-VOZEADA	t	
ALVEOLARES	VOZEADA		n
	NÃO-VOZEADA		
PALATAIS	VOZEADA		ɲ
	NÃO-VOZEADA		
VELARES	VOZEADA	g	
	NÃO-VOZEADA	k	

FIGURA 5.1 - PONTO E MODO DE ARTICULAÇÃO DAS CONSOANTES ADAPTADO DE (MATEUS, 2006)

Deste modo foram formados os seguintes pares: *bata* - *data*, *bata* - *gata*.

Para as palavras *beta* e *bota* cuja variação ocorre na vogal, visto que estas apresentam uma alteração no ponto de articulação, sendo o [o] posterior ou velal e o [e] anterior ou palatal e de modo a comparar-se os resultados entre estímulos formaram-se os seguintes pares: *bata* - *beta* e *bata* - *bota*.

Para a palavra *gama* optou-se por criar um par que apresentasse a mesma palavra mas com diferentes durações.

Os estímulos escolhidos foram portanto os seguintes:

Estímulo 1 (E1): par *bata* - *gata*

Estímulo 2 (E2): par *bata* - *data*

Estímulo 3 (E3): par *bata* - *beta*

Estímulo 4 (E4): par *bata* - *bota*

Estímulo 5 (E5): par *gama* - *gama*

GRAVAÇÃO DOS ESTÍMULOS

A gravação dos estímulos foi realizada numa cabina insonorizada, localizada no Laboratório de Audiologia na Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Coimbra. A gravação foi efectuada com voz natural, pertencente a um indivíduo do sexo masculino com experiencia musical, de nacionalidade Portuguesa.

Foi utilizado o *software Praat* para realizar a gravação em monosound e um audiometro para controlar de forma rigorosa a intensidade do microfone e deste modo gravar os estímulos na intensidade pretendida. Estes foram gravados com uma intensidade de 65 dB \pm 3 dB HL, com uma frequência de amostragem de 44100Hz. Pretendeu-se que os estímulos fossem o mais aproximado possível com a prosódia de cada palavra.

Os ficheiros foram gravados individualmente em formato *wav* e foram posteriormente tratados com o *software Praat* de modo a todos os estímulos apresentarem a mesma duração, sendo esta de 400 ms \pm 7 ms, excepto o par *gama* onde o estímulo standard apresenta uma duração de 400 ms e o desviante de 600 ms. Na tabela seguinte são apresentados os formantes relativos a cada estímulo. Para mais informações sobre as características dos estímulos consultar o anexo 2.

TABELA 5.1 – CARACTERÍSTICAS DOS ESTIMULOS DE FALA

		1º Formante	2º Formante	3º Formante	4ºFormante
<i>Bata</i>	Standard	877,27 Hz	2400,39 Hz	3925,81 Hz	4432,86 Hz
<i>Data</i>	Desviante	608,81 Hz	1342,35 Hz	2401,64 Hz	3847,32 Hz
<i>Gata</i>	Desviante	749,04 Hz	1680,26 Hz	2916,49 Hz	3839,41 Hz
<i>Beta</i>	Desviante	592,58 Hz	1924,01 Hz	3324,91 Hz	4197,27 Hz
<i>Bota</i>	Desviante	769,34 Hz	1705,66 Hz	3027,14 Hz	4181,29 Hz
<i>Gama 1</i>	Standard	647,65 Hz	1515,73 Hz	2621,88 Hz	3471,59 Hz
<i>Gama 2</i>	Desviante	540,23 Hz	1471,92 Hz	2547,59 Hz	3917,23 Hz

Os ficheiros foram posteriormente convertidos no formato STM e calibrados através do equipamento Intelligent Hearing Systems, de forma a poderem ser utilizados no teste de Mismatch Negativity.

5.2 DEFINIÇÃO DA AMOSTRA

A amostra deste estudo é constituída por 32 elementos normo-ouvintes, que não apresentavam conhecimento prévio de patologias neurológica ou do foro auditivo e sem qualquer dificuldade de aprendizagem diagnosticada. Foram divididos em dois grupos de acordo com a faixa etária:

Grupo 1 (Adultos) – constituído por 22 elementos com uma média de idades de 24,55 anos numa faixa etária compreendida entre os 19 e os 35 anos.

Grupo 2 (Crianças) – constituído por 10 elementos com uma média de idades de 9,10 anos numa faixa etária compreendida entre os 7 e os 12 anos.

No grupo 1 (Adultos) verifica-se que 19 elementos são do sexo feminino e 3 são do sexo masculino. No grupo 2 (Crianças) 5 elementos são do sexo masculino e 5 são do sexo feminino.

Relativamente à naturalidade, no grupo 1 constata-se que 2 indivíduos não são naturais de Portugal, sendo naturais da África do Sul e da Suíça.

No grupo 2 (Crianças) todos os elementos são naturais de Portugal Continental.

No gráfico seguinte observa-se o distrito de residência dos elementos pertencentes ao grupo 1 - Adultos. Verifica-se que a maioria (15 elementos) residem em Coimbra.

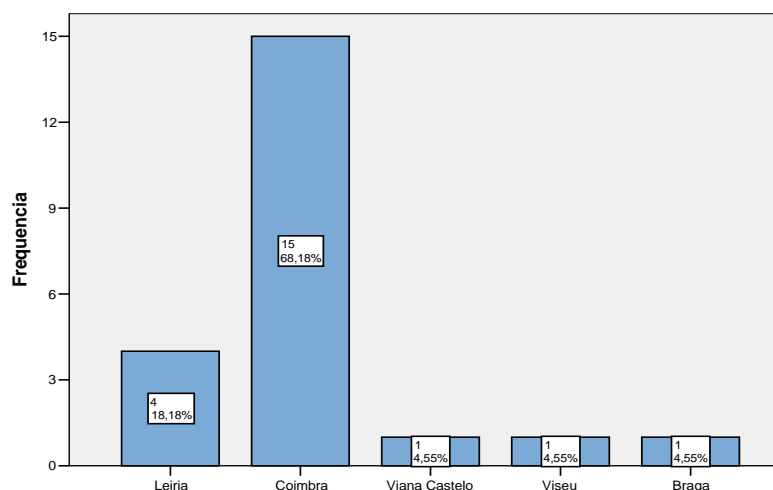


GRÁFICO 5.1 – DISTRITO DE RESIDÊNCIA DO GRUPO 1 (ADULTOS)

Relativamente ao distrito de residência no grupo 1, a maioria (15 elementos) residem no distrito de Coimbra, 4 no distrito de Leiria e 1 indivíduo em Viseu, em Braga e em Viana do Castelo. No grupo 2 (Crianças) 9 elementos residem no distrito de Coimbra e 1 elemento no distrito de Aveiro.

No grupo 1 (Adultos) 12 elementos declararam como habilitações o 12ºano, 8 sujeitos indicaram ser licenciados e 2 bacharéis.

No gráfico seguinte pode-se observar a escolaridade dos indivíduos do grupo 2. Verifica-se que existe um maior número de indivíduos no 3ºano, com 3 elementos, seguido do 2º e 5º ano, com 2 elementos.

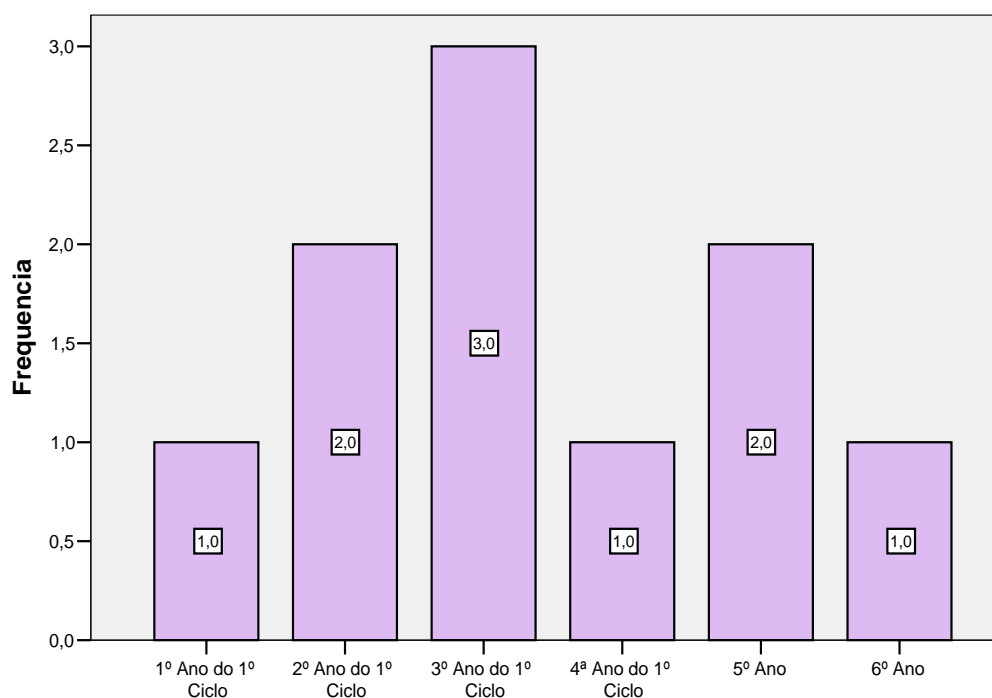


GRÁFICO 5.2 – NÍVEL DE ESCOLARIDADE NO GRUPO 2 (CRIANÇAS)

No grupo 1 (Adultos) 8 indivíduos apresentaram formação musical relevante, sendo que 14 não o demonstraram. No grupo 2 verificou-se que 6 elementos não apresentaram formação musical e 4 apresentaram.

5.2.1 METODOLOGIA UTILIZADA NA RECOLHA DOS DADOS

A todos os participantes ou aos seus representantes legais foi pedida autorização, depois de serem informados dos objectivos do estudo e da metodologia aplicada, para a participação neste estudo. Posteriormente responderam a um pequeno questionário de modo a registar-se alguns dados necessários para a realização de estudo, de modo a seleccionar-se os indivíduos (Anexo 3).

De modo a caracterizar a amostra relativamente à sua situação auditiva, com o intuito de excluir ou incluir os participantes foram realizados diversos testes, antes de se efectuar a recolha dos dados com o MMN. Todos os testes foram realizados numa cabina insonorizada.

Para caracterizar a audição foi efectuada uma pesquisa dos limiares tonais da via aérea, através de um audiometro e auscultadores TDH-39 correspondentes. Testaram-se as frequências de 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 e 8000 Hz através do método descendente em ambos os ouvidos, iniciando-se a estimulação numa intensidade fácil de identificar. Foram consideradas alterações quando a média das frequências de 500, 1000, 2000 e 4000Hz foram superiores a 20 dB HL, de acordo com o *International Bureau for Audiophonology* BIAP (BIAP recommendation n° 02/1 : Audiometric classification of hearing impairments, 2005).

Realizou-se também uma Audiometria Vocal com o objectivo de avaliar a discriminação vocal dos indivíduos. Iniciou-se com uma intensidade confortável para o paciente, cerca de 30 dB acima da média tonal de 500, 1000 e 2000 Hz obtida de modo a que o individuo atingisse os 100% de respostas correctas. Considerou-se a normalidade quando as curvas se situavam entre o 0 e os 20 dB, obtendo-se o limiar, ou seja os 50% de respostas a cerca de 10 dB (PENROD, 1999).

Foi efectuada uma otoscopia para verificar se existiam alterações no canal auditivo externo, e realizou-se posteriormente um estudo através da impedância – timpanograma e pesquisa de reflexos acústicos em ambos os ouvidos, para avaliar o ouvido médio. Os timpanogramas foram caracterizados de acordo com a classificação de Jerger de 1972 (LOPES, 1973; FRANCHE, et al., 1998).

Foram também realizadas otoemissões acústicas de modo a avaliar a integridade das células ciliadas, considerando-se o critério de presente ou ausente. Utilizaram-se os Produtos de Distorção (DP) e foram testados 4 pontos por oitava, com L1=65 dB SPL e L2=55 dB SPL, com $f_2/f_1=1,22$. Considerou-se a presença de Otoemissões Acústicas quando a diferença entre o DP e o ruído de fundo fosse superior a 6 dB.

Foram também realizados Potenciais Evocados Auditivos do Tronco Cerebral de modo a excluir-se alterações na condução nervosa das ondas, no sistema auditivo. Procurou-se determinar a existência de reprodutibilidade entre as ondas e testou-se ambos os ouvidos separadamente, e para tal utilizou-se o estímulo click, com uma janela de análise de 12,5 ms, a uma intensidade de 80dB SPL. A polaridade escolhida foi a alterna, efectuando-se cerca de 1200 passagens.

Na realização do *Mismatch Negativity* considerou-se a presença do MMN quando na onda final resultante da subtração da onda standard da onda desviante se encontrou uma negatividade superior a 100 ms.

As ondas recolhidas através do *Intelligent Hearing System*, foram uma a uma transformadas para ASCII e posteriormente tratados no *Microsoft Office Excel 2007* de forma a fazer-se a subtração da onda standard da onda desviante por cada estímulo e por cada ouvido para todos os elementos da amostra. De acordo com o referido anteriormente considerou-se a presença de MMN1 quando a latência da onda negativa surgia entre os 70 a 300 ms e considerou-se o MMN2 quando a negatividade surgia entre os 300 e os 600 ms.

O teste foi efectuado bilateralmente de modo a encurtar o tempo de recolha dos dados. No grupo 1 (Adultos) foram utilizados os 5 estímulos. No grupo 2 (Crianças) apenas foram testados os estímulos E1, E3 e E5. A ordem de apresentação dos estímulos foi aleatória. Todos os indivíduos tiveram como tarefa a visualização de um filme sem legendas e sem som, de modo a não interferir na estimulação com estímulos de fala.

Os resultados do MMN obtidos neste estudo foram comparados com o estudo efectuado por SCHULTE-KORNE, et al. (2001), onde estudaram através de estímulos tonais (2200Hz – 2640Hz) e vocais(*da - ga*) os resultados obtidos entre um grupo de 13 indivíduos normo-ouvintes adultos com um grupo de 12 adultos normo-ouvintes disléxicos. Os valores que o presente estudo utilizou para a comparação dos estímulos de fala foram os obtidos por SCHULTE-KORNE, et al.(2001), em normo-ouvintes. No quadro seguinte são apresentados os resultados obtidos por SCHULTE-KORNE e colegas.

TABELA 5.2 – RESULTADOS OBTIDOS POR SCHULTE-KORNE, ET AL. (2001), EM NORMO-OUVINTES

	ESTÍMULOS TONAIS		ESTÍMULOS VOCAIS	
	MMN1	MMN2	MMN1	MMN2
Amplitude (μV)	3.88	3.22	2.51	2.53
Latência (ms)	124.15	457.70	291.23	511.31

A duração média do teste de MMN foi de cerca de 45 minutos, sendo que a recolha total dos dados por indivíduo demorou cerca de duas horas. No quadro seguinte estão expressos os parâmetros seleccionados para o teste de MMN.

TABELA 5.3 – PARÂMETROS DE ESTIMULAÇÃO UTILIZADOS NA AVALIAÇÃO ATRAVÉS DO MMN

PARÂMETROS	COMPONENTES	MMN
ESTÍMULO	Tipo	Fala: E1: <i>bata - gata</i> E2: <i>bata - data</i> E3: <i>bata - beta</i> E4: <i>bata - bota</i> E5: <i>gama - gama</i>
	Cadência	1.1/s
	ISI	<10s
	Duração dos estímulos	±400ms
	Intensidade	70dB HL
	Polaridade	Rarefacção
	Probabilidade	Paradigma oddball Desviante: 0,2 Standard: 0,8
AQUISIÇÃO	Eléctrodos	Negativo: Mastoides Positivo: Fz Terra: Fpz
	Filtro	1 a 30Hz
	Sensibilidade	50µV
	Ganho	50,000
	Estimulação	Binaural
	Passagens	±200
	Tempo de Análise	612ms
Paciente	Estado	Desperto sem atenção
	Tarefa	Ver um filme

5.2.2 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

Foram excluídos da amostra todos os elementos que relevassem alterações nos testes anteriores descritos. No caso dos limiares tonais da via aérea foram excluídos os indivíduos cujos valores de média fossem superiores a 20 dB HL e na audiometria vocal excluiu-se todos aqueles que apresentassem uma curva com resultados superiores a 30 dB HL.

Na impedância excluiu-se os casos detectados de timpanogramas tipo B e C2, e os casos de ausência total de reflexos acústicos. As alterações na otoscopia, tais como perfurações ou corpos estranhos foram também um dos critérios de exclusão.

Nas Otoemissões só foram considerados os casos onde se detectou a presença de otoemissões em pelo menos três frequências.

Nos PEATC foram excluídos todos os indivíduos que não apresentassem ondas a 80 dB SPL ou reprodutibilidade entre elas.

Foram ainda excluídos todos os indivíduos que apresentassem valores de amplitude no MMN superiores a 30 μ V ou artefactos em número superior a $\frac{1}{4}$ das passagens efectuadas.

5.2.3 INSTRUMENTOS UTILIZADOS

Para a realização da recolha dos dados foram utilizados os seguintes instrumentos:

Otoscópio *Heine* – para a realização da otoscopia;

Impedâncímetro GSI 38 – para obter a Impedância

Audiómetro *Madsen Orbiter 922* com auscultadores TDH 39 – para a realização do Audiograma Tonal Simples e a Audiograma Vocal;

Software Otodynamics com Echoport ILO288 – para obter os dados referentes às Otoemissões Acústicas;

Intelligent Hearing Systems Programs – Smart EP – para realizar os testes de PEATC e MMN.

CAPITULO 6

6 RESULTADOS

Numa primeira análise será feita uma caracterização dos resultados que não estando directamente relacionados com as questões de investigação permitem compreender melhor os resultados obtidos.

6.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Na análise das ondas obtidas através da estimulação com os estímulos de fala desenvolvidos foi possível considerar no Grupo 1 (Adultos) a presença de MMN1 e MMN2 em treze indivíduos, verificando-se a ausência de MMN em dois elementos (gráfico 6.1). Pode também observar-se que em seis elementos determinou-se a presença do MMN1 e num indivíduo registou-se apenas a presença do MMN2.

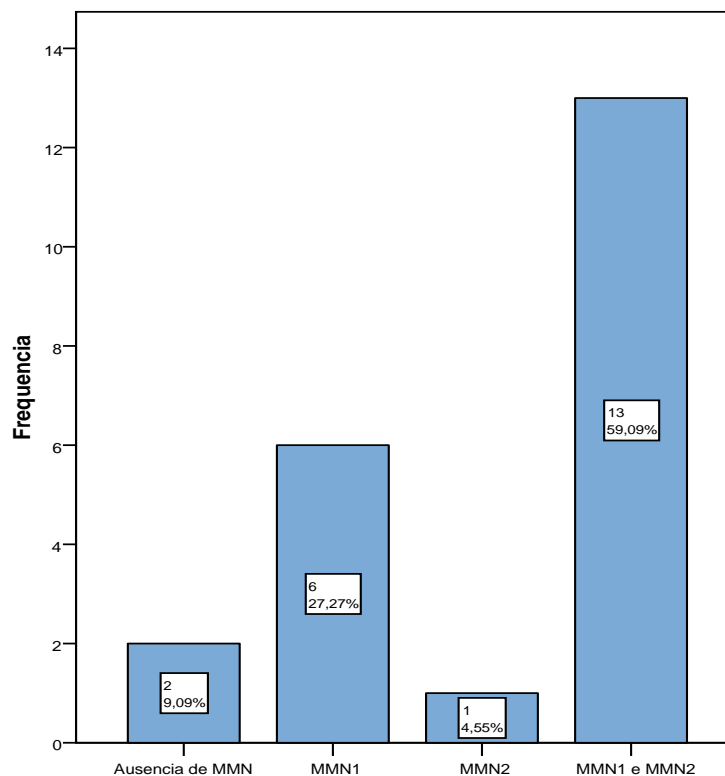


GRÁFICO 6.1 – MARCAÇÃO DO MMN NO GRUPO 1 (ADULTOS)

Pela observação do gráfico 6.2 verifica-se que no Grupo 2 (Crianças) foi possível detectar a presença do MMN1 em seis participantes, sendo que em dois elementos não foi possível identificar qualquer MMN. Observa-se também que em dois indivíduos se verifica a presença do MMN1 e MMN2.

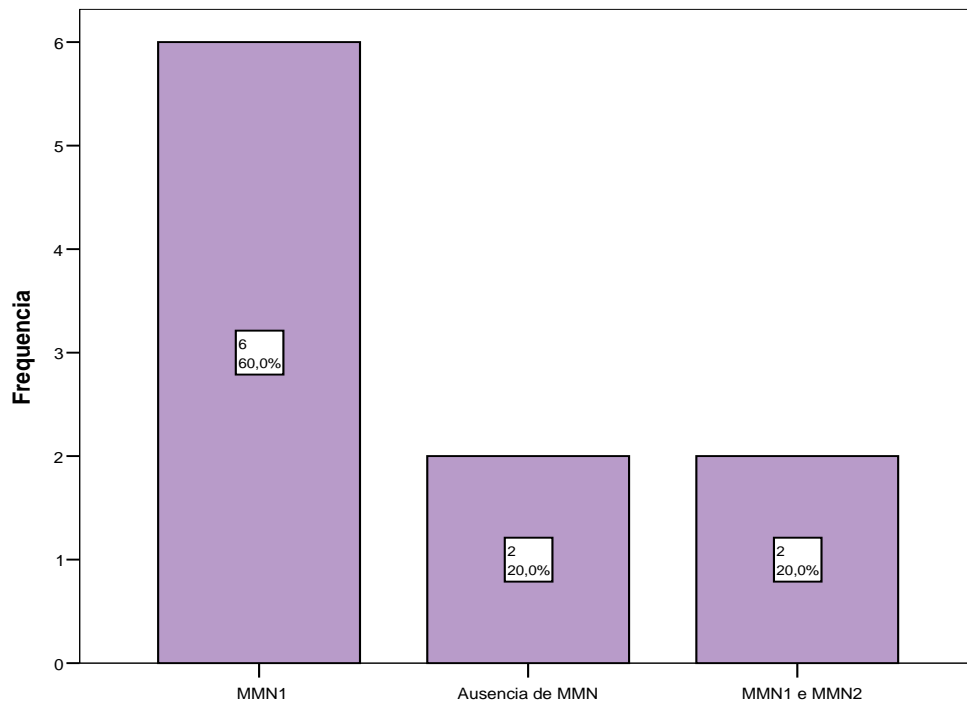


GRÁFICO 6.2 – MARCAÇÃO DO MMN NO GRUPO 2 (CRIANÇAS)

A tabela seguinte refere-se à detecção do MMN em adultos de acordo com o estímulo utilizado. O estímulo que apresenta um maior número de indivíduos onde foi possível detectar a presença de MMN foi o estímulo 5, onde 17 elementos da amostra apresentaram o MMN em resposta ao estímulo.

TABELA 6.1 – PRESENÇA DE MMN DE ACORDO COM O ESTÍMULO UTILIZADO NO GRUPO 1 (ADULTOS)

Estimulo 1		Estimulo 2		Estimulo 3		Estimulo 4		Estimulo 5	
<i>Sim</i>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>	<i>Não</i>
N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
11	9	13	7	16	4	10	10	17	3

Na tabela 6.2 verifica-se que no grupo 2 (Crianças) o estímulo que apresenta um maior número de detecções de MMN é o estímulo 1, com seis elementos a apresentarem MMN.

TABELA 6.2 – PRESENÇA DE MMN DE ACORDO COM O ESTÍMULO NO GRUPO 2 (CRIANÇAS)

C_Estímulo 1		C_Estímulo 3		C_Estimulo 5	
Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
N	N	N	N	N	N
6	2	5	3	5	3

6.1.2 QUESTÃO 1 – NO GRUPO 1 (ADULTOS) O TESTE DE MMN COM ESTÍMULOS DE FALA EM PORTUGUÊS EUROPEU APRESENTA AS MESMAS CARACTERÍSTICAS DOS TESTES DE MMN COM ESTÍMULOS TONAIIS E SÍLABICOS?

Nesta questão pretendeu-se comparar os valores de latência e amplitude obtidos no teste de MMN com os estímulos de fala em PE no grupo 1 (adultos) com os resultados obtidos através da utilização de estímulos tonais e silábicos. Para tal comparou-se os valores do MMN1 e MMN2 obtidos com estímulos de fala em PE com os valores do MMN1 e MMN2 obtidos por Schulte-Körne et al (2000), sendo os estímulos tonais os sons de 2200Hz (standard) e 2640Hz (desviante), e as sílabas *da* como standard e *o ga* como desviante.

Considerou-se as seguintes hipóteses:

H_0 = Os estímulos de fala em PE apresentam as mesmas características dos estímulos tonais e silábicos.

H_1 = Os estímulos de fala em PE não apresentam as mesmas características dos estímulos tonais e silábicos.

ESTÍMULOS DE FALA EM PE VS ESTÍMULOS TONAIIS DE ACORDO COM A LATÊNCIA DO MMN1

Nas tabelas seguintes pode observar-se a comparação entre as médias dos resultados da latência do MMN1 dos 5 estímulos utilizados neste estudo com a média da latência do estímulo tonal (124.15 ms) obtida por Schulte-Körne et al. Utilizou-se o *One-Sample t Test* para comparar as diferenças entre as médias.

TABELA 6.3 – VALORES DAS MÉDIAS DE LATÊNCIA DO MMN1 DOS ESTÍMULOS DE FALA EM AMBOS OS OUVIDOS

	N	Média	Desvio Padrão
Latência E1 OD	10	255,9000	65,02699
Latência E2 OD	6	255,2000	64,11490
Latência E3 OD	13	239,6615	79,62041
Latência E4 OD	8	250,0000	60,98093
Latência E5 OD	10	268,0000	63,58281
Latência E1 OE	9	261,4444	77,63593
Latência E2 OE	7	240,8857	76,63244
Latência E3 OE	10	228,0200	71,05869
Latência E4 OE	7	243,2286	66,44099
Latência E5 OE	10	278,1200	49,37838

Através da tabela 6.3 é possível observar-se os valores das médias das latências do MMN1 dos estímulos em ambos os ouvidos, onde o valor mais alto de média de latência foi obtido no estímulo 5 no ouvido esquerdo com um valor de 278, e o menor foi obtido no ouvido esquerdo com o estímulo 3, com um valor de latência de 228.

TABELA 6.4 – COMPARAÇÃO DA LATÊNCIA DO MMN1 DOS ESTÍMULO DE FALA COM A LATÊNCIA DO MMN1 DO ESTÍMULO TONAL UTILIZADO NO ESTUDO DE SCHULTE-KÖRNE ET AL (2000)

	Valor de Teste = 124.15					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Diferença média	95% Intervalo de confiança da diferença	
					Limite Inferior	Limite Superior
Latência E1 OD	6,407	9	,000	131,75000	85,2325	178,2675
Latência E2 OD	5,007	5	,004	131,05000	63,7655	198,3345
Latência E3 OD	5,231	12	,000	115,51154	67,3974	163,6257
Latência E4 OD	5,837	7	,001	125,85000	74,8687	176,8313
Latência E5 OD	7,154	9	,000	143,85000	98,3656	189,3344
Latência E1 OE	5,305	8	,001	137,29444	77,6182	196,9707
Latência E2 OE	4,030	6	,007	116,73571	45,8625	187,6089
Latência E3 OE	4,622	9	,001	103,87000	53,0377	154,7023
Latência E4 OE	4,742	6	,003	119,07857	57,6309	180,5262
Latência E5 OE	9,861	9	,000	153,97000	118,6468	189,2932

Pela observação da tabela 6.4 pode verificar-se que em ambos os ouvidos as médias das latências do MMN1 dos estímulos de fala em PE apresentam um *p-value (sig.2-tailed)* $< \alpha=0.05$, concluindo-se que as médias são significativamente diferentes do valor testado (124.15 ms).

ESTÍMULOS DE FALA EM PE VS ESTÍMULOS TONAIIS DE ACORDO COM A AMPLITUDE DO MMN1

Na tabela 6.5 estão apresentados os resultados obtidos das médias das amplitudes do MMN1 dos estímulos de fala em PE para ambos os ouvidos. Na tabela 6.6 pode observar-se a comparação entre as médias da amplitude do MMN1 dos 5 estímulos com a média da amplitude do estímulo tonal obtida por Schulte-Körne et al. Para tal utilizou-se o *One-Sample t Test*.

TABELA 6.5 - VALORES DAS MÉDIAS DE AMPLITUDE DO MMN1 DOS ESTÍMULOS DE FALA EM AMBOS OS OUVIDOS

	N	Média	Desvio Padrão
Amplitude E1 OD	10	-6,8950	3,57290
Amplitude E2 OD	6	-6,3233	3,22437
Amplitude E3 OD	13	-9,0431	5,08655
Amplitude E4 OD	8	-6,1338	3,28447
Amplitude E5 OD	10	-6,0420	2,95255
Amplitude E1 OE	8	-5,7850	1,49873
Amplitude E2 OE	7	-6,1286	2,87257
Amplitude E3 OE	10	-7,0850	2,61947
Amplitude E4 OE	7	-5,2929	2,59313
Amplitude E5 OE	10	-5,2220	1,73297

Através da tabela 6.5 é possível observar-se os valores das médias das amplitudes do MMN1 dos estímulos em ambos os ouvidos, onde o valor mais alto de média foi obtido no estímulo 3 no ouvido direito, considerando o valor absoluto, com um valor de 9, e o menor foi obtido no ouvido esquerdo com o estímulo 5, com um valor de 5,2.

TABELA 6.6 - COMPARAÇÃO DA AMPLITUDE DO MMN1 DOS ESTIMULO DE FALA COM A LATÊNCIA DO MMN1 DO ESTIMULO TONAL UTILIZADO NO ESTUDO DE SCHULTE-KÖRNE ET AL (2000)

	Test Value = -3.88			95% Intervalo de confiança da diferença	
	t	df	Sig (2-tailed)	Limite Inferior	Limite Superior
Amplitude E1 OD	-2,668	9	,026	-5,5709	-,4591
Amplitude E2 OD	-1,856	5	,123	-5,8271	,9404
Amplitude E3 OD	-3,660	12	,003	-8,2368	-2,0893
Amplitude E4 OD	-1,941	7	,093	-4,9996	,4921
Amplitude E5 OD	-2,316	9	,046	-4,2741	-,0499
Amplitude E1 OE	-3,595	7	,009	-3,1580	-,6520
Amplitude E2 OE	-2,071	6	,084	-4,9053	,4081
Amplitude E3 OE	-3,869	9	,004	-5,0789	-1,3311
Amplitude E4 OE	-1,442	6	,200	-3,8111	,9854
Amplitude E5 OE	-2,449	9	,037	-2,5817	-,1023

Pode verificar-se na tabela anterior que em ambos os ouvidos as amplitudes do MMN1 dos estímulos 1, 3 e 5 em ambos os ouvidos apresentam um $p\text{-value}$ (sig.2-tailed) $< \alpha=0.05$, concluindo-se que as médias são significativamente diferentes do valor testado (-3.88 μV).

ESTÍMULOS DE FALA EM PE VS ESTÍMULOS TONAIIS DE ACORDO COM A LATÊNCIA DO MMN2

Na tabela seguinte observam-se os valores das médias dos resultados da latência do MMN2 dos 5 estímulos de fala em ambos os ouvidos. Na tabela 6.8 foi realizada a comparação com a média da latência do MMN2 do estímulo tonal (457.7 ms) obtida por Schulte-Körne et al. Utilizou-se o *One-Sample t Test*.

TABELA 6.7 - VALORES DAS MÉDIAS DE LATÊNCIA DO MMN2 DOS ESTÍMULOS DE FALA EM AMBOS OS OUVIDOS

	N	Média	Desvio Padrão
MMN2 Latência E1 OD	4	405,9000	61,70673
MMN2_Latência E2 OD	5	456,2400	65,33336
MMN2_Latência E3 OD	6	453,6000	62,66712
MMN2_Latência E4 OD	3	384,0000	43,26662
MMN2_Latência E5 OD	5	444,8000	65,54449
MMN2_Latência E1 OE	1	451,2000	_____
MMN2_Latência E2 OE	7	470,9143	62,48785
MMN2_Latência E3 OE	5	463,4400	35,82357
MMN2_Latência E4 OE	2	390,8000	54,87149
MMN2_Latência E5 OE	7	441,2286	54,80005

É possível verificar que no ouvido esquerdo não foi efectuada a análise da comparação das médias no estímulo 1, devido a apenas um indivíduo ter apresentado o MMN2. Observa-se também que as médias das latências do MMN2 dos estímulos, em ambos os ouvidos, apresentaram o valor mais elevado no estímulo 2 no ouvido esquerdo com 470, e o menor foi obtido no ouvido direito com o estímulo 4, com um valor de 384.

TABELA 6.8 - COMPARAÇÃO DA LATÊNCIA DO MMN2 DOS ESTÍMULOS DE FALA COM A LATÊNCIA DO MMN2 DO ESTÍMULO TONAL UTILIZADO NO ESTUDO DE SCHULTE-KÖRNE ET AL (2000)

	Valor de Teste = 457.7					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Diferença média	95% Intervalo de confiança da diferença Limite Inferior	Limite Superior
MMN2_Latência E1 OD	-1,679	3	,192	-51,80000	-149,9892	46,3892
MMN2_Latência E2 OD	-,050	4	,963	-1,46000	-82,5821	79,6621
MMN2_Latência E3 OD	-,160	5	,879	-4,10000	-69,8651	61,6651
MMN2_Latência E4 OD	-2,950	2	,098	-73,70000	-181,1802	33,7802
MMN2_Latência E5 OD	-,440	4	,683	-12,90000	-94,2842	68,4842
MMN2_Latência E2 OE	,559	6	,596	13,21429	-44,5773	71,0059
MMN2_Latência E3 OE	,358	4	,738	5,74000	-38,7408	50,2208
MMN2_Latência E4 OE	-1,724	1	,335	-66,90000	-559,9007	426,1007
MMN2_Latência E5 OE	-,795	6	,457	-16,47143	-67,1530	34,2102

Na tabela anterior na comparação dos valores da latência do MMN2 verifica-se que em ambos os ouvidos as latências dos estímulos de fala em PE apresentam um *p-value* (*sig.2-tailed*) $> \alpha=0.05$, considerando-se que a H_0 é aceite, rejeitando-se a H_1 concluindo-se que as médias não diferem significativamente do valor da média comparado (457.7 ms).

ESTÍMULOS DE FALA EM PE VS ESTÍMULOS TONAIIS DE ACORDO COM A AMPLITUDE DO MMN2

Na tabela seguinte observa-se os valores das médias das amplitudes obtidas através do MMN2.

TABELA 6.9 - VALORES DAS MÉDIAS DE AMPLITUDE DO MMN2 DOS ESTÍMULOS DE FALA EM AMBOS OS OUVIDOS

	N	Média	Desvio Padrão
MMN2_Amplitude E1 OD	4	-3,2675	1,49698
MMN2_Amplitude E2 OD	5	-4,7980	,74640
MMN2_Amplitude E3 OD	6	-4,6267	1,88068
MMN2_Amplitude E4 OD	3	-4,2633	1,51925
MMN2_Amplitude E5 OD	5	-4,9900	1,29532
MMN2_Amplitude E1 OE	1	-5,0100	_____
MMN2_Amplitude E2 OE	7	-4,1300	1,49441
MMN2_Amplitude E3 OE	5	-4,4960	1,44227
MMN2_Amplitude E4 OE	2	-3,0100	,57983
MMN2_Amplitude E5 OE	7	-5,7086	1,67371

Verifica-se que no ouvido esquerdo não foi efectuada a análise da comparação das médias no estímulo 1, devido a apenas um indivíduo ter apresentado o MMN2.

As médias das amplitudes do MMN2 dos estímulos apresentaram o valor mais elevado, considerando o valor absoluto, no estímulo 5 no ouvido esquerdo com um valor de 5, e o menor foi obtido no ouvido esquerdo com o estímulo 4, com um valor de 3.

Na tabela 6.10 foi realizada a comparação entre as médias dos resultados da amplitude do MMN2 dos 5 estímulos de fala com a média da amplitude do MMN2 do estímulo tonal (-3.22 μ V) obtida por Schulte-Körne et al. Para tal utilizou-se o *One-Sample t Test*.

TABELA 6.10 - COMPARAÇÃO DA AMPLITUDE DO MMN2 DOS ESTÍMULO DE FALA COM A AMPLITUDE DO MMN2 DO ESTÍMULO TONAL UTILIZADO NO ESTUDO DE SCHULTE-KÖRNE ET AL (2000)

	Valor de Teste= -3.22					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Diferença média	95% Intervalo de confiança da diferença	
					Limite Inferior	Limite Superior
MMN2_ Amplitude E1 OD	-,063	3	,953	-,04750	-2,4295	2,3345
MMN2_ Amplitude E2 OD	-4,727	4	,009	-1,57800	-2,5048	-,6512
MMN2_ Amplitude E3 OD	-1,832	5	,126	-1,40667	-3,3803	,5670
MMN2_ Amplitude E4 OD	-1,189	2	,356	-1,04333	-4,8174	2,7307
MMN2_ Amplitude E5 OD	-3,055	4	,038	-1,77000	-3,3784	-,1616
MMN2_ Amplitude E2 OE	-1,611	6	,158	-,91000	-2,2921	,4721
MMN2_ Amplitude E3 OE	-1,978	4	,119	-1,27600	-3,0668	,5148
MMN2_ Amplitude E4 OE	,512	1	,699	,21000	-4,9995	5,4195
MMN2_ Amplitude E5 OE	-3,934	6	,008	-2,48857	-4,0365	-,9406

Na comparação dos valores da amplitude do MMN2 verifica-se que as amplitudes obtidas através dos estímulos de fala em PE apresentam um *p-value (sig.2-tailed)* < $\alpha=0.05$, na média da latência do estímulo 2 (E2) do ouvido direito e em ambos os ouvidos no estímulo 5 (E5). Como tal pode considerar-se que algumas médias diferem significativamente do valor da média comparado (-3.22 μ V).

ESTÍMULOS DE FALA EM PE VS ESTÍMULOS SILÁBICOS DE ACORDO COM A LATÊNCIA DO MMN1

Nas tabelas seguintes pode observar-se as médias das latências do MMN1 dos 5 estímulos de fala em PE e a comparação, através do *One-Sample t Test*, com a média da latência do estímulo silábico obtido por Schulte-Körne et al (2000).

TABELA 6.11 - VALORES DAS MÉDIAS DE LATÊNCIA DO MMN1 DOS ESTÍMULOS DE FALA EM AMBOS OS OUVIDOS

	N	Média	Desvio Padrão
Latência E1 OD	10	255,9000	65,02699
Latência E2 OD	6	255,2000	64,11490
Latência E3 OD	13	239,6615	79,62041
Latência E4 OD	8	250,0000	60,98093
Latência E5 OD	10	268,0000	63,58281
Latência E1 OE	9	261,4444	77,63593
Latência E2 OE	7	240,8857	76,63244
Latência E3 OE	10	228,0200	71,05869
Latência E4 OE	7	243,2286	66,44099
Latência E5 OE	10	278,1200	49,37838

TABELA 6.12 - COMPARAÇÃO DA LATÊNCIA DO MMN1 DOS ESTÍMULOS DE FALA COM A LATÊNCIA DO MMN1 DO ESTÍMULO VOCAL UTILIZADO NO ESTUDO DE SCHULTE-KÖRNE ET AL (2000).

	Valor de Teste = 291.23					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Diferença média	95% Intervalo de confiança da diferença	
					Limite Inferior	Limite Superior
Latência E1 OD	-1,718	9	,120	-35,33000	-81,8475	11,1875
Latência E2 OD	-1,377	5	,227	-36,03000	-103,3145	31,2545
Latência E3 OD	-2,335	12	,038	-51,56846	-99,6826	-3,4543
Latência E4 OD	-1,912	7	,097	-41,23000	-92,2113	9,7513
Latência E5 OD	-1,155	9	,278	-23,23000	-68,7144	22,2544
Latência E1 OE	-1,151	8	,283	-29,78556	-89,4618	29,8907
Latência E2 OE	-1,738	6	,133	-50,34429	-121,2175	20,5289
Latência E3 OE	-2,813	9	,020	-63,21000	-114,0423	-12,3777
Latência E4 OE	-1,911	6	,104	-48,00143	-109,4491	13,4462
Latência E5 OE	-,840	9	,423	-13,11000	-48,4332	22,2132

Na comparação dos valores da latência do MMN1 verifica-se que as médias obtidas através dos estímulos de fala em PE apresentam um *p-value (sig.2-tailed)* $< \alpha=0.05$, na média da latência do estímulo 3 (E3) em ambos os ouvidos. Neste caso considera-se que a média obtida com o estímulo 3 difere significativamente do valor da média comparado (291,23 ms).

ESTÍMULOS DE FALA EM PE VS ESTÍMULOS SILÁBICOS DE ACORDO COM A AMPLITUDE DO MMN1

TABELA6.13 - VALORES DAS MÉDIAS DE AMPLITUDE DOS ESTÍMULOS DE FALA EM AMBOS OS OUVIDOS

	N	Média	Desvio Padrão
Amplitude E1 OD	10	-6,8950	3,57290
Amplitude E2 OD	6	-6,3233	3,22437
Amplitude E3 OD	13	-9,0431	5,08655
Amplitude E4 OD	8	-6,1338	3,28447
Amplitude E5 OD	10	-6,0420	2,95255
Amplitude E1 OE	8	-5,7850	1,49873
Amplitude E2 OE	7	-6,1286	2,87257
Amplitude E3 OE	10	-7,0850	2,61947
Amplitude E4 OE	7	-5,2929	2,59313
Amplitude E5 OE	10	-5,2220	1,73297

TABELA 6.14 - COMPARAÇÃO DA AMPLITUDE DOS ESTÍMULO DE FALA DO MMN1 COM A AMPLITUDE DO MMN1 DO ESTÍMULO VOCAL UTILIZADO NO ESTUDO DE SCHULTE-KÖRNE ET AL (2000).

	Valor de Teste= -2.51					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Diferença média	95% Intervalo de confiança da diferença	
					Limite Inferior	Limite Superior
Amplitude E1 OD	-3,881	9	,004	-4,38500	-6,9409	-1,8291
Amplitude E2 OD	-2,897	5	,034	-3,81333	-7,1971	-,4296
Amplitude E3 OD	-4,631	12	,001	-6,53308	-9,6068	-3,4593
Amplitude E4 OD	-3,121	7	,017	-3,62375	-6,3696	-,8779
Amplitude E5 OD	-3,783	9	,004	-3,53200	-5,6441	-1,4199
Amplitude E1 OE	-6,181	7	,000	-3,27500	-4,5280	-2,0220
Amplitude E2 OE	-3,333	6	,016	-3,61857	-6,2753	-,9619
Amplitude E3 OE	-5,523	9	,000	-4,57500	-6,4489	-2,7011
Amplitude E4 OE	-2,839	6	,030	-2,78286	-5,1811	-,3846
Amplitude E5 OE	-4,949	9	,001	-2,71200	-3,9517	-1,4723

Na tabela anterior (tabela 6.14) pode observar-se a comparação, entre as médias dos resultados da amplitude do MMN1 dos 5 estímulos de fala em PE com a média da amplitude

do MMN1 do estímulo vocal obtida por Schulte-Körne et al (2000). Pelos resultados obtidos verifica-se que o $p\text{-value (sig.2-tailed)} < \alpha=0.05$ em todos os estímulos e em ambos os ouvidos. Pode portanto considerar-se que as médias comparadas diferem entre si de forma significativa.

ESTÍMULOS DE FALA EM PE VS ESTÍMULOS SILÁBICOS DE ACORDO COM A LATÊNCIA DO MMN2

Na tabela seguinte observam-se as médias dos resultados da latência do MMN2 para todos os estímulos.

TABELA 6.15 - VALORES DAS MÉDIAS DE LATÊNCIA DO MMN2 DOS ESTÍMULOS DE FALA EM AMBOS OS OUVIDOS

	N	Média	Desvio Padrão
MMN2 Latência E1 OD	4	405,9000	61,70673
MMN2_Latência E2 OD	5	456,2400	65,33336
MMN2_Latência E3 OD	6	453,6000	62,66712
MMN2_Latência E4 OD	3	384,0000	43,26662
MMN2_Latência E5 OD	5	444,8000	65,54449
MMN2_Latência E1 OE	1	451,2000	_____
MMN2_Latência E2 OE	7	470,9143	62,48785
MMN2_Latência E3 OE	5	463,4400	35,82357
MMN2_Latência E4 OE	2	390,8000	54,87149
MMN2_Latência E5 OE	7	441,2286	54,80005

É possível verificar na tabela anterior que no ouvido esquerdo não foi efectuada a análise da comparação das médias obtidas com o estímulo 1, o que se deve ao facto de apenas um indivíduo ter apresentado o MMN2 através da estimulação com o estímulo 1.

TABELA 6.16 - COMPARAÇÃO DA LATÊNCIA DO MMN2 DOS ESTÍMULO DE FALA COM A LATÊNCIA DO MMN2 DO ESTÍMULO SILÁBICO UTILIZADO NO ESTUDO DE SCHULTE-KÖRNE ET AL (2000)

	Test Value = 511.31					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Diferença média	95% Intervalo de confiança da diferença	
					Limite Inferior	Limite Superior
MMN2_Latência E1 OD	-3,416	3	,042	-105,41000	-203,5992	-7,2208
MMN2_Latência E2 OD	-1,885	4	,133	-55,07000	-136,1921	26,0521
MMN2_Latência E3 OD	-2,256	5	,074	-57,71000	-123,4751	8,0551
MMN2_Latência E4 OD	-5,096	2	,036	-127,31000	-234,7902	-19,8298
MMN2_Latência E5 OD	-2,269	4	,086	-66,51000	-147,8942	14,8742
MMN2_Latência E2 OE	-1,710	6	,138	-40,39571	-98,1873	17,3959
MMN2_Latência E3 OE	-2,988	4	,040	-47,87000	-92,3508	-3,3892
MMN2_Latência E4 OE	-3,106	1	,198	-120,51000	-613,5107	372,4907
MMN2_Latência E5 OE	-3,384	6	,015	-70,08143	-120,7630	-19,3998

Na comparação dos valores da latência do MMN2 verifica-se que as médias obtidas através dos estímulos de fala em PE apresentam um *p-value (sig.2-tailed)* $< \alpha=0.05$, na média da latência do estímulo 1 (E1) e estímulo 4 (E4) no ouvido direito, e no estímulo 3 (E3) e estímulo 5 (E5) no ouvido esquerdo. Neste caso considera-se que as médias obtidas com os estímulos de fala diferem significativamente do valor de média dos estímulos silábicos comparados (511.31 ms).

ESTÍMULOS DE FALA EM PE VS ESTÍMULOS SILÁBICOS DE ACORDO COM A AMPLITUDE DO MMN1

Seguidamente estão demonstrados os resultados das médias das amplitudes do MMN2.

TABELA 6.17 - VALORES DAS MÉDIAS DE AMPLITUDE DO MMN2 DOS ESTÍMULOS DE FALA EM AMBOS OS OUVIDOS

	N	Média	Desvio Padrão
MMN2_Amplitude E1 OD	4	-3,2675	1,49698
MMN2_Amplitude E2 OD	5	-4,7980	,74640
MMN2_Amplitude E3 OD	6	-4,6267	1,88068
MMN2_Amplitude E4 OD	3	-4,2633	1,51925
MMN2_Amplitude E5 OD	5	-4,9900	1,29532
MMN2_Amplitude E1 OE	1	-5,0100	_____
MMN2_Amplitude E2 OE	7	-4,1300	1,49441
MMN2_Amplitude E3 OE	5	-4,4960	1,44227
MMN2_Amplitude E4 OE	2	-3,0100	,57983
MMN2_Amplitude E5 OD	7	-5,7086	1,67371

É possível verificar na tabela 6.17 que no ouvido esquerdo não foi efectuada a análise da comparação das médias obtidas com o estímulo 1, o que se deve ao facto de apenas um indivíduo ter apresentado o MMN2.

Na tabela seguinte pode observar-se a comparação entre as médias dos resultados da amplitude do MMN2 dos 5 estímulos de fala em PE com a média da amplitude do estímulo silábico obtida por Schulte-Körne et al (2000).

TABELA 6.18 - COMPARAÇÃO DA AMPLITUDE DO MMN2 DOS ESTIMULO DE FALA COM A AMPLITUDE DO MMN2 DO ESTIMULO VOCAL UTILIZADO NO ESTUDO DE SCHULTE-KÖRNE ET AL (2000)

	Test Value = -2.53					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Diferença média	95% Intervalo de confiança da diferença	
					Limite Inferior	Limite Superior
MMN2_Amplitude E1 OD	-,985	3	,397	-,73750	-3,1195	1,6445
MMN2_Amplitude E2 OD	-6,794	4	,002	-2,26800	-3,1948	-1,3412
MMN2_Amplitude E3 OD	-2,731	5	,041	-2,09667	-4,0703	-,1230
MMN2_Amplitude E4 OD	-1,976	2	,187	-1,73333	-5,5074	2,0407
MMN2_Amplitude E5 OD	-4,247	4	,013	-2,46000	-4,0684	-,8516
MMN2_Amplitude E2 OE	-2,833	6	,030	-1,60000	-2,9821	-,2179
MMN2_Amplitude E3 OE	-3,048	4	,038	-1,96600	-3,7568	-,1752
MMN2_Amplitude E4 OE	-1,171	1	,450	-,48000	-5,6895	4,7295
MMN2_Amplitude E5 OE	-5,025	6	,002	-3,17857	-4,7265	-1,6306

Na comparação efectuada através da tabela 6.18, verifica-se que as médias obtidas através dos estímulos de fala em PE apresentam um *p-value (sig.2-tailed)* $< \alpha=0.05$, na média da amplitude do MMN2 obtida com os estímulos 2 (E2), 3 (E) e 5 (E5), em ambos os ouvidos.

Após a análise dos resultados pode considerar-se que a H_0 é rejeitada, comprovando-se a H_1 verificando-se que as médias obtidas com os estímulos de fala diferem significativamente dos valores de média dos estímulos tonais e silábicos comparados.

6.1.3 QUESTÃO 2- EXISTE CORRELAÇÃO ENTRE OS DIFERENTES ESTÍMULOS EM PORTUGUÊS EUROPEU NO MMN1?

Seguidamente será efectuada uma análise à latência e amplitude dos dois grupos pertencentes à amostra (Grupo 1 e 2), através do teste não paramétrico de Correlação Bivariada - Coeficiente de Spearman.

Considerou-se as seguintes hipóteses:

H_0 = Os estímulos de fala em PE apresentam correlação entre eles.

H_1 = Os estímulos de fala em PE não apresentam correlação entre eles

6.1.3.1 - ANÁLISE DOS RESULTADOS NO GRUPO 1 – ADULTOS

CORRELAÇÃO DA LATÊNCIA DO MMN1 NO GRUPO 1 - ADULTOS

Na tabela seguinte pode observar-se a correlação existente entre as latências do MMN1 dos diferentes estímulos de fala em PE utilizados no ouvido direito no grupo 1.

TABELA 6.19 – CORRELAÇÃO ENTRE OS VALORES DA LATÊNCIA DO MMN1 NO OUVIDO DIREITO NO GRUPO 1

			Latência E1 OD	Latência E2 OD	Latência E3 OD	Latência E4 OD	Latência E5 OD
Spearman's rho	Latência E1 OD	Coeficiente Correlação	1,000	-,500	,150	-,086	,200
		Sig. (2-tailed)	.	,667	,700	,872	,704
		N	10	3	9	6	6
	Latência E2 OD	Coeficiente Correlação	-,500	1,000	,500	1,000	-1,000**
		Sig. (2-tailed)	,667	.	,667	.	,000
		N	3	6	3	2	3
	Latência E3 OD	Coeficiente Correlação	,150	,500	1,000	,696	-,357
		Sig. (2-tailed)	,700	,667	.	,125	,385
		N	9	3	13	6	8
	Latência E4 OD	Coeficiente Correlação	-,086	1,000**	,696	1,000	-,400
		Sig. (2-tailed)	,872	.	,125	.	,600
		N	6	2	6	8	4
	Latência E5 OD	Coeficiente Correlação	,200	-1,000**	-,357	-,400	1,000
		Sig. (2-tailed)	,704	,000	,385	,600	.
		N	6	3	8	4	10

Na observação da tabela 6.19 pode verificar-se que após a aplicação do teste de Correlação de Spearman foi observada uma relação estatisticamente significativa entre as latências do MMN1 obtidas com o estímulo 2 (E2) e do estímulo 5 (E5), visto que o valor de $p = -1$, indicando uma relação forte entre estes dois estímulos.

Este facto indica que existe uma correlação forte apenas entre o estímulo 2 (E2) e o estímulo 5 (E5) do ouvido direito. Verifica-se também que não foi possível estabelecer a correlação entre o estímulo 2 (E2) e o estímulo 4 (E4) devido ao número de casos não possibilitar a realização do teste.

Seguidamente será analisada a correlação entre a latência do MMN1 no ouvido esquerdo, de acordo com os diferentes estímulos de fala em PE utilizados.

TABELA 6.20 - CORRELAÇÃO ENTRE OS VALORES DA LATÊNCIA DO MMN1 NO OUVIDO ESQUERDO NO GRUPO 1

			Latência E1 OE	Latência E2 OE	Latência E3 OE	Latência E4 OE	Latência E5 OE
Spearman's rho	Latência E1 OE	Coeficiente Correlação	1,000	-,500	,143	-1,000**	-,200
		Sig. (2-tailed)	.	,667	,787	,000	,747
		N	9	3	6	3	5
	Latência E2 OE	Coeficiente Correlação	-,500	1,000	1,000	.	-,900*
		Sig. (2-tailed)	,667	.	.	.	,037
		N	3	7	2	1	5
	Latência E3 OE	Coeficiente Correlação	,143	1,000**	1,000	,900*	-,300
		Sig. (2-tailed)	,787	.	.	,037	,624
		N	6	2	10	5	5
	Latência E4 OE	Coeficiente Correlação	-1,000**	.	,900*	1,000	,200
		Sig. (2-tailed)	,000	.	,037	.	,800
		N	3	1	5	7	4
	Latência E5 OE	Coeficiente Correlação	-,200	-,900*	-,300	,200	1,000
		Sig. (2-tailed)	,747	,037	,624	,800	.
		N	5	5	5	4	10

Pode verificar-se que após a aplicação do teste de Correlação de Spearman a existência de relações estatisticamente significativas entre as latências do MMN1 obtidas com estímulo 1 (E1) e o estímulo 4 (E4), com o valor de $p = -1$, entre as latências do MMN1 dos estímulos 2 (E2) e o estímulo 5 (E5), com um valor de $p = -0.900$, e entre o estímulo 3 (E3) e o estímulo 4 (E4) com um valor de $p = -0.9$.

Este facto indica que existe uma correlação forte entre o estímulo 1 (E1) e o estímulo 4 (E4), entre o estímulo 2 (E2) e o estímulo 5 (E5), e entre o estímulo 3 (E3) e o estímulo 4 (E4) no ouvido esquerdo. Verifica-se também que não foi possível estabelecer a correlação entre o estímulo 2 (E2) e o estímulo 4 (E4) devido ao número de casos não possibilitar a realização do teste.

CORRELAÇÃO DA AMPLITUDE DO MMN1 NO GRUPO 1 - ADULTOS

Na tabela seguinte pode observar-se a correlação existente entre as amplitudes do MMN1 dos diferentes estímulos de fala em PE utilizados no ouvido direito no grupo 1.

TABELA 6.21 - CORRELAÇÃO ENTRE OS VALORES DA AMPLITUDE DO MMN1 NO OUVIDO DIREITO NO GRUPO 1

			Amplitude E1 OD	Amplitude E2 OD	Amplitude E3 OD	Amplitude E4 OD	Amplitude E5 OD
Spearman's rho	Amplitude E1 OD	Coeficiente Correlação	1,000	-,500	,483	-,086	,314
		Sig. (2-tailed)	.	,667	,187	,872	,544
		N	10	3	9	6	6
	Amplitude E2 OD	Coeficiente Correlação	-,500	1,000	-1,000**	1,000	-1,000**
		Sig. (2-tailed)	,667	.	,000	.	,000
		N	3	6	3	2	3
	Amplitude E3 OD	Coeficiente Correlação	,483	-1,000**	1,000	,029	,238
		Sig. (2-tailed)	,187	,000	.	,957	,570
		N	9	3	13	6	8
	Amplitude E4 OD	Coeficiente Correlação	-,086	1,000**	,029	1,000	,400
		Sig. (2-tailed)	,872	.	,957	.	,600
		N	6	2	6	8	4
	Amplitude E5 OD	Coeficiente Correlação	,314	-1,000**	,238	,400	1,000
		Sig. (2-tailed)	,544	,000	,570	,600	.
		N	6	3	8	4	10

Após a aplicação do teste de Correlação de Spearman verificou-se a existência de relações estatisticamente significativas entre as amplitudes do MMN1 do ouvido direito obtidas entre o estímulo 2 (E2) e o estímulo 3 (E3) e entre o estímulo 2 e o estímulo 5 (E5), com um valor de $p = -1$ para ambos os casos.

Pode concluir-se de acordo com o Coeficiente de Spearman que existe uma correlação forte entre o estímulo 2 (E2) e o estímulo 3 (E3) e entre o estímulo 2 (E2) estímulo 5 (E5). Não foi possível estabelecer a correlação entre o estímulo 2 (E2) e o estímulo 4 (E4) devido ao número de casos não possibilitar a realização do teste.

Na tabela 6.22 observa-se a correlação existente entre as amplitudes do MMN1 dos diferentes estímulos de fala em PE utilizados no ouvido esquerdo no grupo 1.

TABELA 6.22 - CORRELAÇÃO ENTRE OS VALORES DA AMPLITUDE DO MMN1 NO OUVIDO ESQUERDO NO GRUPO 1

			Amplitude E1 OE	Amplitude E2 OE	Amplitude E3 OE	Amplitude E4 OE	Amplitude E5 OE
Spearman's rho	Amplitude E1 OE	Coeficiente Correlação	1,000	-1,000**	-,086	-,500	,600
		Sig. (2-tailed)	.	,000	,872	,667	,285
		N	8	3	6	3	5
	Amplitude E2 OE	Coeficiente Correlação	-1,000**	1,000	-1,000	.	-,600
		Sig. (2-tailed)	,000	.	1,000	.	,285
		N	3	7	2	1	5
	Amplitude E3 OE	Coeficiente Correlação	-,086	-1,000	1,000	,300	,100
		Sig. (2-tailed)	,872	1,000	.	,624	,873
		N	6	2	10	5	5
	Amplitude E4 OE	Coeficiente Correlação	-,500	.	,300	1,000	,200
		Sig. (2-tailed)	,667	.	,624	.	,800
		N	3	1	5	7	4
	Amplitude E5 OE	Coeficiente Correlação	,600	-,600	,100	,200	1,000
		Sig. (2-tailed)	,285	,285	,873	,800	.
		N	5	5	5	4	10

Pode verificar-se que após a aplicação do teste de Correlação de Spearman a existência de relações estatisticamente significativas entre as amplitudes do MMN1 obtidas com o estímulo 1 (E1) e o estímulo 2 (E2), com um valor de $p = -1$. Este valor indica a existência de uma correlação forte entre o estímulo 1 e 2 (E1 e E2 respectivamente). Verifica-se que não foi possível estabelecer a correlação entre o estímulo 2 (E2) e o estímulo 4 (E4) devido ao número de casos não possibilitar a realização do teste.

Verifica-se que para o grupo 1 constituído por adultos se pode rejeitar a H_1 visto que existe correlação entre os diversos estímulos.

6.1.3.2 - ANÁLISE DOS RESULTADOS NO GRUPO 2 – CRIANÇAS

CORRELAÇÃO DA LATÊNCIA NO GRUPO 2 (CRIANÇAS)

Seguidamente será analisada a correlação entre a latência do MMN1 no ouvido direito, de acordo com os diferentes estímulos de fala em PE utilizados.

TABELA 6.23 - CORRELAÇÃO ENTRE OS VALORES DA LATÊNCIA DO MMN1 NO OUVIDO DIREITO NO GRUPO 2

			Crianç_Lat_ Est 1 OD	Crianç_Lat_ Est 3 OD	Crianç_Lat_ Est 5 OD
Spearman's rho	C_Latência E1 OD	Correlation Coefficient	1,000	-1,000**	-1,000**
		Sig. (2-tailed)	.	,000	,000
		N	5	3	3
	C_Latência E3 OD	Correlation Coefficient	-1,000**	1,000	1,000
		Sig. (2-tailed)	,000	.	.
		N	3	4	2
	C_Latência E5 OD	Correlation Coefficient	-1,000**	1,000**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,000	.	.
		N	3	2	4

Verifica-se após a aplicação do teste de Correlação de *Spearman* a existência de relações estatisticamente significativas entre as latências do MMN1 obtidas com o estímulo 1 (E1) e o estímulo 3 (E3) e entre E1 o estímulo 5 (E5). O valor de p é igual em ambos os casos e assume o valor de -1.

Pode concluir-se de acordo com o Coeficiente de *Spearman* que existe uma correlação forte entre o estímulo 1 (E1) e o estímulo 3 (E3) e entre o estímulo 1 (E1) estímulo 5 (E5). Não foi possível testar a correlação entre o estímulo 3 e 5 (E3 e E5).

Relativamente à correlação existente entre a latência do ouvido esquerdo dos estímulos testados no grupo 2 não foi possível obter resultados devido ao reduzido número de casos em que se detectou a presença de MMN1 nesse ouvido

CORRELAÇÃO DA AMPLITUDE NO GRUPO 2 (CRIANÇAS)

Na próxima tabela será analisada através do Coeficiente de *Spearman* a correlação existente entre a amplitude do ouvido direito dos diferentes estímulo de fala em PE no grupo 2.

TABELA 6.24 - CORRELAÇÃO ENTRE OS VALORES DA AMPLITUDE DO MMN1 NO OUVIDO DIREITO NO GRUPO 2

			C_Amplitude E1 OD	C_Amplitude E3 OD	C_Amplitude E5 OD
Spearman's rho	C_Amplitude E1 OD	Coeficiente	1,000	-1,000**	-1,000**
		Correlação			
		Sig. (2-tailed)	.	,000	,000
	C_Amplitude E3 OD	N	5	3	3
		Coeficiente	-1,000**	1,000	1,000
		Correlação			
		Sig. (2-tailed)	,000	.	.
	C_Amplitude E5 OD	N	3	4	2
		Coeficiente	-1,000**	1,000**	1,000
		Correlação			
		Sig. (2-tailed)	,000	.	.
		N	3	2	4

Pode observar-se pela tabela 6.24 que existe uma relação de correlação forte nos estímulos 1 e 3 (E1 e E3 respectivamente), e entre os estímulos 1 e 5 (E1 e E5 respectivamente). Essa correlação pode ser observada através do valor de $\rho=-1$ indicando uma relação forte entre a amplitude do MMN1 obtida através destes estímulos no ouvido direito.

No ouvido esquerdo não foi possível observar os resultados da correlação entre as diversas amplitudes do MMN1 dos diferentes estímulos de fala em PE utilizados. Esse facto deve-se ao número reduzido de casos onde se manifestou a presença de MMN1 no grupo 2.

De acordo com os resultados obtidos, na latência e amplitude dos estímulos, pode rejeitar-se a H_1 visto que existe correlação entre a maioria dos estímulos utilizados no grupo 2.

6.1.4 QUESTÃO 3 – EXISTE RELAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DO OUVIDO ESQUERDO E O OUVIDO DIREITO NO MMN1?

Outro factor importante para ser avaliado é o facto de existirem diferenças nas médias entre os resultados obtidos no ouvido direito e o ouvido esquerdo.

Como tal considerou-se as seguintes hipóteses:

H_0 = Existem relação entre os resultados do ouvido direito e esquerdo.

H_1 = Não existe relação entre os resultados do ouvido direito e esquerdo.

6.1.4.1 RESULTADOS DA COMPARAÇÃO DO GRUPO 1 – ADULTOS

COMPARAÇÃO DA LATÊNCIA DO MMN1 ENTRE AMBOS OS OUVIDOS DO GRUPO 1

Pode-se observar na tabela seguinte os valores das médias das latências do MMN1 de acordo com o estímulo de fala e o ouvido.

TABELA 6.25 - VALORES DAS MÉDIAS DE LATÊNCIA DOS ESTÍMULOS DE FALA EM AMBOS OS OUVIDOS

	N	Média	Desvio Padrão
Latência E1 OD	10	255,9000	65,02699
Latência E2 OD	6	255,2000	64,11490
Latência E3 OD	13	239,6615	79,62041
Latência E4 OD	8	250,0000	60,98093
Latência E5 OD	10	268,0000	63,58281
Latência E1 OE	9	261,4444	77,63593
Latência E2 OE	7	240,8857	76,63244
Latência E3 OE	10	228,0200	71,05869
Latência E4 OE	7	243,2286	66,44099
Latência E5 OE	10	278,1200	49,37838

Na tabela seguinte observa-se a comparação dos valores de latência do ouvido esquerdo com o ouvido direito relativamente à sua posição de acordo com a superioridade ou inferioridade um em relação ou outro.

TABELA 6.26 – VALORES SUPERIORES E INFERIORES NA COMPARAÇÃO DA LATÊNCIA DOMMN1 DO OUVIDO ESQUERDO COM O OUVIDO DIREITO

		N	Média	Soma
Latência E1 OE - Latência E1 OD	Ranks	1 ^a	4,00	4,00
	Negativos	5 ^b	3,40	17,00
	Ranks	3 ^c		
	Positivos	9		
	Empates			
Latência E2 OE - Latência E2 OD	Total			
	Ranks	3 ^d	2,00	6,00
	Negativos	1 ^e	4,00	4,00
	Ranks	1 ^f		
	Positivos	5		
Latência E3 OE - Latência E3 OD	Empates			
	Total			
	Ranks	4 ^g	4,75	19,00
	Negativos	5 ^h	5,20	26,00
	Ranks	1 ⁱ		
Latência E4 OE - Latência E4 OD	Positivos	10		
	Empates			
	Total			
	Ranks	4 ^j	3,50	14,00
	Negativos	2 ^k	3,50	7,00
Latência E5 OE - Latência E5 OD	Ranks	0 ^l		
	Positivos	6		
	Empates			
	Total			
	Ranks	3 ^m	2,83	8,50
Latência E5 OE - Latência E5 OD	Negativos	3 ⁿ	4,17	12,50
	Ranks	1 ^o		
	Positivos	7		
	Empates			
	Total			

a. Latência_Estímulo_1_OE < Latência_Estímulo_1_OD

b. Latência_Estímulo_1_OE > Latência_Estímulo_1_OD

c. Latência_Estímulo_1_OE = Latência_Estímulo_1_OD

d. Latência_Estímulo_2_OE < Latência_Estímulo_2_OD

e. Latência_Estímulo_2_OE > Latência_Estímulo_2_OD

f. Latência_Estímulo_2_OE = Latência_Estímulo_2_OD

g. Latência_Estímulo_3_OE < Latência_Estímulo_3_OD

h. Latência_Estímulo_3_OE > Latência_Estímulo_3_OD

i. Latência_Estímulo_3_OE = Latência_Estímulo_3_OD

j. Latência_Estímulo_4_OE < Latência_Estímulo_4_OD

k. Latência_Estímulo_4_OE > Latência_Estímulo_4_OD

l. Latência_Estímulo_4_OE = Latência_Estímulo_4_OD

m. Latência_Estímulo_5_OE < Latência_Estímulo_5_OD

n. Latência_Estímulo_5_OE > Latência_Estímulo_5_OD

o. Latência_Estímulo_5_OE = Latência_Estímulo_5_OD

Na análise da tabela anterior verifica-se que para os estímulos 2 e 4 é maior o número de casos em que as latências do MMN1 do ouvido esquerdo são menores relativamente ao ouvido direito. Nos estímulos 1 e 3 observa-se o oposto, sendo as latências dos estímulos do ouvido esquerdo superiores aos do ouvido direito. No estímulo 5 verifica-se um igual número de casos com latência superior e inferior.

Na tabela seguinte pode ver-se os resultados da análise efectuada através do teste não paramétrico de *Wilcoxon*, onde se comparou os resultados das médias da latência do MMN1 do ouvido direito com os obtidos no ouvido esquerdo, resultantes da aplicação dos diferentes estímulos em PE.

TABELA 6.27 – TESTE DE WILCOXON PARA A COMPARAÇÃO DAS LATÊNCIAS DO MMN1 PARA O OUVIDO ESQUERDO E DIREITO

	Latência E1 OE – Latência E1 OD	Latência E2 OE – Latência E2 OD	Latência E3 OE – Latência E3 OD	Latência E4 OE – Latência E4 OD	Latência E5 OE – Latência E5 OD
Z	-1,363(a)	-,365(b)	-,415(a)	-,734(b)	-,420(a)
Asymp. Sig. (2-tailed)	,173	,715	,678	,463	,674

Pelos valores apresentados na tabela pode-se considerar que não existem diferenças significativas nos pares dos estímulos de fala em PE, de acordo com os valores das latências do MMN1 obtidas para cada ouvido.

COMPARAÇÃO DA AMPLITUDE DO MMN1 ENTRE AMBOS OS OUVIDOS DO GRUPO 1

Na tabela seguinte é possível observar as médias das amplitudes dos diferentes estímulos de fala.

TABELA 6.28 – VALORES DAS MÉDIAS DAS AMPLITUDES DO MMN1 DE ACORDDO COM OS DIFERENTES ESTÍMULOS

	N	Média	Desvio Padrão
Amplitude E1 OD	10	-6,8950	3,57290
Amplitude E2 OD	6	-6,3233	3,22437
Amplitude E3 OD	13	-9,0431	5,08655
Amplitude E4 OD	8	-6,1338	3,28447
Amplitude E5 OD	10	-6,0420	2,95255
Amplitude E1 OE	8	-5,7850	1,49873
Amplitude E2 OE	7	-6,1286	2,87257
Amplitude E3 OE	10	-7,0850	2,61947
Amplitude E4 OE	7	-5,2929	2,59313
Amplitude E5 OE	10	-5,2220	1,73297

Na tabela seguinte observa-se a comparação dos valores de amplitude do ouvido esquerdo com o ouvido direito relativamente à sua posição de acordo com a superioridade ou inferioridade entre ambos.

TABELA 6.29 - VALORES SUPERIORES E INFERIORES NA COMPARAÇÃO DA AMPLITUDE DO MMN1 DO OUVIDO ESQUERDO COM O OUVIDO DIREITO

		N	Média Rank	Soma Ranks
Amplitude E1 OE -	Ranks Negativos	1 ^a	2,00	2,00
Amplitude E1 OD	Ranks Positivos	7 ^b	4,86	34,00
	Ties	0 ^c		
	Total	8		
Amplitude E2 OE -	Ranks Negativos	2 ^d	1,75	3,50
Amplitude E2OD	Ranks Positivos	3 ^e	3,83	11,50
	Ties	0 ^f		
	Total	5		
Amplitude E3 OE -	Ranks Negativos	2 ^g	5,50	11,00
Amplitude E3 OD	Ranks Positivos	8 ^h	5,50	44,00
	Ties	0 ⁱ		
	Total	10		
Amplitude E4 OE -	Ranks Negativos	3 ^j	2,00	6,00
Amplitude E4 OD	Ranks Positivos	3 ^k	5,00	15,00
	Ties	0 ^l		
	Total	6		
Amplitude E5 OE -	Ranks Negativos	4 ^m	3,25	13,00
Amplitude E5 OD	Ranks Positivos	3 ⁿ	5,00	15,00
	Ties	0 ^o		
	Total	7		

a. Amplitude_Estímulo_1_OE < Amplitude_Estímulo_1_OD

b. Amplitude_Estímulo_1_OE > Amplitude_Estímulo_1_OD

c. Amplitude_Estímulo_1_OE = Amplitude_Estímulo_1_OD

d. Amplitude_Estímulo_2_OE < Amplitude_Estímulo_2_OD

e. Amplitude_Estímulo_2_OE > Amplitude_Estímulo_2_OD

f. Amplitude_Estímulo_2_OE = Amplitude_Estímulo_2_OD

g. Amplitude_Estímulo_3_OE < Amplitude_Estímulo_3_OD

h. Amplitude_Estímulo_3_OE > Amplitude_Estímulo_3_OD

i. Amplitude_Estímulo_3_OE = Amplitude_Estímulo_3_OD

j. Amplitude_Estímulo_4_OE < Amplitude_Estímulo_4_OD

k. Amplitude_Estímulo_4_OE > Amplitude_Estímulo_4_OD

l. Amplitude_Estímulo_4_OE = Amplitude_Estímulo_4_OD

m. Amplitude_Estímulo_5_OE < Amplitude_Estímulo_5_OD

n. Amplitude_Estímulo_5_OE > Amplitude_Estímulo_5_OD

o. Amplitude_Estímulo_5_OE = Amplitude_Estímulo_5_OD

Verifica-se que nos estímulos 1, 2 e 3 um maior número de casos em que a amplitude do ouvido esquerdo é superior à amplitude do ouvido direito. No estímulo 4 verifica-se que existem os mesmos números de casos em que a amplitude é superior no ouvido direito e no esquerdo. No estímulo 5 verifica-se um maior número de casos em que a amplitude do ouvido direito é superior à do ouvido esquerdo.

Na tabela seguinte pode-se observar os resultados da análise da amplitude do MMN1 através do Teste de *Wilcoxon*.

TABELA 6.30 – TESTE DE WILCOXON PARA A COMPARAÇÃO DAS AMPLITUDES DO MMN1 PARA O OUVIDO ESQUERDO E DIREITO

	Amplitude E1 OE - Amplitude E1 OD	Amplitude E2 OE - Amplitude E2 OD	Amplitude E3 OE - Amplitude E3 OD	Amplitude E4 OE - Amplitude E4 OD	Amplitude E5 OE - Amplitude E5 OD
Z	-2,240(a)	-1,084(a)	-1,682(a)	-,946(a)	-,169(a)
Asymp. Sig. (2-tailed)	,025	,279	,093	,344	,866

Pelos valores apresentados na tabela 6.29 pode considerar-se que apenas existem diferenças significativas nos valores das amplitudes do MMN1 no estímulo 1.

Pelos resultados apresentados verifica-se que existe um estímulo que apresenta diferenças estatisticamente significativas entre o ouvido esquerdo e direito, o que nos leva a aceitar H_1 , indicando que pode não existir relação entre os ouvidos.

6.1.4.2 RESULTADOS DA COMPARAÇÃO DO GRUPO 2 - CRIANÇAS

COMPARAÇÃO DA LATÊNCIA DO MMN1 ENTRE AMBOS OS OUVIDOS DO GRUPO 2

Na tabela seguinte observa-se os resultados as médias das latências do MMN1 do grupo 2.

TABELA 6.31 – MÉDIAS DAS LATÊNCIAS DO MMN1 DO GRUPO 2

	N	Média	Desvio Padrão
C_Latência E1 OD	5	206,8000	62,67503
C_Latência E3 OD	4	221,5000	59,62583
C_Latência E5 OD	4	219,9000	97,30303
C_Latência E1 OE	3	175,2000	95,54140
C_Latência E3 OE	4	215,8500	38,71860
C_Latência E5 OE	4	251,4000	44,96932

Seguidamente pode observar-se a comparação dos valores de amplitude do MMN1 do ouvido esquerdo com o ouvido direito relativamente à sua posição de acordo com a superioridade ou inferioridade entre ambos.

TABELA 6.32 - VALORES SUPERIORES E INFERIORES NA COMPARAÇÃO DA LATÊNCIA DO MMN1 DO OUVIDO ESQUERDO COM O OUVIDO DIREITO NO GRUPO 2

		N	Média Rank	Soma Ranks
C_Latência E1 OE - C_Latência_E1 OD	Ranks Negativos	1 ^a	2,00	2,00
	Ranks Positivos	1 ^b	1,00	1,00
	Ties	0 ^c		
	Total	2		
C_Latência E3 OE - C_Latência_E3 OD	Ranks Negativos	2 ^d	1,50	3,00
	Ranks Positivos	1 ^e	3,00	3,00
	Ties	0 ^f		
	Total	3		
C_Latência E5 OE - C_Latência_E5 OD	Ranks Negativos	1 ^g	1,00	1,00
	Ranks Positivos	2 ^h	2,50	5,00
	Ties	0 ⁱ		
	Total	3		

a. Crianç_Lat_Est_1_OE < Crianç_Lat_Est_1_OD

b. Crianç_Lat_Est_1_OE > Crianç_Lat_Est_1_OD

c. Crianç_Lat_Est_1_OE = Crianç_Lat_Est_1_OD

d. Crianç_Lat_Est_3_OE < Crianç_Lat_Est_3_OD

e. Crianç_Lat_Est_3_OE > Crianç_Lat_Est_3_OD

f. Crianç_Lat_Est_3_OE = Crianç_Lat_Est_3_OD

g. Crianç_Lat_Est_5_OE < Crianç_Lat_Est_5_OD

h. Crianç_Lat_Est_5_OE > Crianç_Lat_Est_5_OD

i. Crianç_Lat_Est_5_OE = Crianç_Lat_Est_5_OD

Verifica-se através da tabela anterior que o estímulo 1 apresenta o mesmo número de casos a considerar que a latência do MMN1 é superior no ouvido esquerdo e direito. No estímulo 3 há um maior número de casos relativos à superioridade do ouvido direito em relação ao ouvido esquerdo. No estímulo 5 verifica-se o oposto, sendo o ouvido esquerdo superior mais vezes comparando com o direito.

Na tabela seguinte estão representados os resultados do Teste de Wilcoxon para o grupo 2 considerando a latência entre ouvidos.

TABELA 6.33 - TESTE DE WILCOXON PARA A COMPARAÇÃO DAS LATÊNCIAS DO MMN1 NO GRUPO 2 PARA O OUVIDO ESQUERDO E DIREITO

	C_Latência E1 OE – C_Latência E1 OD	C_Latência E3 OE – C_Latência E3 OD	C_Latência E5 OE – C_Latência E5 OD
Z	-,447(a)	,000(b)	-1,069(c)
Asymp. Sig. (2-tailed)	,655	1,000	,285

Pela tabela 6.33 pode-se considerar que não existem diferenças significativas nas latências o MMN1 nos pares dos estímulos de fala em PE, de acordo com os valores obtidas para cada par.

COMPARAÇÃO DA AMPLITUDE DO MMN1 ENTRE AMBOS OS OUVIDOS DO GRUPO 2

Na tabela seguinte observa-se as médias das amplitudes do MMN1 de acordo com o grupo 2.

TABELA 6.34 - MÉDIAS DAS AMPLITUDES DO MMN1 DO GRUPO 2

	N	Média	Desvio Padrão
C_Amplitude E1 OD	5	-5,5040	1,07008
C_Amplitude E3 OD	4	-9,2075	5,89443
C_Amplitude E5 OD	4	-6,2950	1,13327
C_Amplitude E1 OE	3	-4,8300	1,03783
C_Amplitude E3 OE	4	-9,3000	7,15964
C_Amplitude_E5 OE	4	-7,4925	1,47244

Observa-se também seguidamente as comparações de superioridade ou inferioridade de acordo com a amplitude.

TABELA 6.35 - VALORES SUPERIORES E INFERIORES NA COMPARAÇÃO DA AMPLITUDE DO MMN 1 DO OUVIDO ESQUERDO COM O OUVIDO DIREITO DO GRUPO 2

		N	Média Rank	Soma Ranks
C_Amplitude E1 OE - C_Amplitude E1 OD	Ranks Negativos	1 ^a	2,00	2,00
	Ranks Positivos	1 ^b	1,00	1,00
	Empates	0 ^c		
	Total	2		
C_Amplitude E3 OE - C_Amplitude E3 OD	Ranks Negativos	2 ^d	1,50	3,00
	Ranks Positivos	0 ^e	,00	,00
	Empates	1 ^f		
	Total	3		
C_Amplitude E5 OE - C_Amplitude E5 OD	Ranks Negativos	2 ^g	2,50	5,00
	Ranks Positivos	1 ^h	1,00	1,00
	Empates	0 ⁱ		
	Total	3		

a. Crianç_Amplit_Estim_1_OE < Crianç_Amplit_Estim_1_OD

b. Crianç_Amplit_Estim_1_OE > Crianç_Amplit_Estim_1_OD

c. Crianç_Amplit_Estim_1_OE = Crianç_Amplit_Estim_1_OD

d. Crianç_Amplit_Estim_3_OE < Crianç_Amplit_Estim_3_OD

e. Crianç_Amplit_Estim_3_OE > Crianç_Amplit_Estim_3_OD

f. Crianç_Amplit_Estim_3_OE = Crianç_Amplit_Estim_3_OD

g. Crianç_Amplit_Estim_5_OE < Crianç_Amplit_Estim_5_OD

h. Crianç_Amplit_Estim_5_OE > Crianç_Amplit_Estim_5_OD

i. Crianç_Amplit_Estim_5_OE = Crianç_Amplit_Estim_5_OD

Verifica-se, após observação da tabela anterior que em todos os estímulos a amplitude do MMN1 do ouvido esquerdo é menor que a amplitude do ouvido direito.

Na tabela seguinte estão representados os resultados do Teste de Wilcoxon para o grupo 2 considerando a amplitude do MMN1 entre ouvidos.

TABELA 6.36 - TESTE DE WILCOXON PARA A COMPARAÇÃO DAS AMPLITUDES DO MMN1 NO GRUPO 2 PARA O OUVIDO

ESQUERDO E DIREITO

	C_Amplitude E1 OE - C_Amplitude E1 OD	C_Amplitude E3 OE - C_Amplitude E3 OD	C_Amplitude E5 OE - C_Amplitude E5 OD
Z	-,447(a)	-1,342(a)	-1,069(a)
Asymp. Sig. (2-tailed)	,655	,180	,285

Pela tabela anterior pode-se considerar que não existem diferenças significativas nas amplitudes do MMN1 nos pares dos estímulos de fala em PE, de acordo com os valores obtidas para cada par.

Depois da análise realizada no grupo 1 (Crianças) pode considerar-se que existe relação entre os resultados obtidos entre o ouvido direito e o ouvido esquerdo. Como tal pode aceitar-se a H_0 , visto que não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os ouvidos.

6.1.5 QUESTÃO 4 – EXISTE INFLUÊNCIA DA FORMAÇÃO MUSICAL NO MMN1?

A formação musical tem sido considerada por alguns autores como uma habilidade que permite ter desempenhos acústicos mais desenvolvidos, na discriminação acústica. Como tal dividiu-se a amostra de acordo com a existência ou não de formação musical relevante. Foram colocadas as seguintes hipóteses:

H_0 = Existe influência da formação musical nos resultados do MMN1.

H_1 = Não influência da formação musical nos resultados do MMN1.

6.1.5.1 RESULTADOS DA COMPARAÇÃO DO GRUPO 1 - ADULTOS

ANÁLISE DA LATÊNCIA DO MMN1 DO GRUPO 1 - ADULTOS

Na tabela seguinte observa-se os resultados do teste não paramétrico Mann-Whitney U relativamente à influência da formação musical na latência do MMN1, de acordo com os diversos estímulos estudados e para o ouvido direito e esquerdo.

TABELA 6.37 – TESTE DE MANN-WHITNEY U APLICADO DE ACORDO COM A INFLUÊNCIA DA FORMAÇÃO MUSICAL NA LATÊNCIA

	Mann-Whitney U	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
Latência E1 OD	11,000	-,313	,754
Latência E2 OD	2,000	-1,091	,275
Latência E3 OD	9,000	-1,612	,107
Latência E4 OD	6,000	-,577	,564
Latência E5 OD	7,000	-,798	,425
Latência E1 OE	8,000	-,492	,623
Latência E2 OE	1,000	-1,549	,121
Latência E3 OE	11,000	-,213	,831
Latência E4 OE	4,000	-,707	,480
Latência E5 OE	5,000	-1,567	,117

Pela análise do teste representado na tabela anterior verifica-se que não existem diferenças estatisticamente significativas relativamente à formação musical, não existindo diferenças na latência do MMN1 entre os indivíduos com e sem formação musical.

Seguidamente serão analisados os resultados referentes à influência musical na amplitude das ondas do MMN1.

TABELA 6.38 - TESTE DE MANN-WHITNEY U APLICADO DE ACORDO COM A INFLUÊNCIA DA FORMAÇÃO MUSICAL NA AMPLITUDE

	Mann-Whitney U	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
Amplitude E1 OD	10,000	-,522	,602
Amplitude E2 OD	1,000	-1,528	,127
Amplitude E3 OD	5,000	-2,196	,028
Amplitude E4 OD	7,000	-,289	,773
Amplitude E5 OD	7,000	-,798	,425
Amplitude E1 OE	4,000	-1,155	,248
Amplitude E2 OE	2,000	-1,162	,245
Amplitude E3 OE	4,000	-1,706	,088
Amplitude E4 OE	6,000	,000	1,000
Amplitude E5 OE	10,000	-,522	,602

Pela análise efectuada na tabela anterior verifica-se que não existem diferenças estatisticamente significativas relativamente à formação musical, não existindo diferenças na amplitude das ondas do MMN1 entre os indivíduos com e sem formação musical.

Considerando os resultados obtidos verifica-se que não existe influência da formação musical no grupo 1, rejeitando-se H_0 .

6.1.5.2 RESULTADOS DA COMPARAÇÃO DO GRUPO 2 - CRIANÇAS

ANÁLISE DA LATÊNCIA DO GRUPO 2 - CRIANÇAS

De seguida observa-se os resultados do teste não paramétrico Mann-Whitney U relativamente à influência da formação musical na latência do MMN1, no grupo 2, de acordo com o estímulo e ouvido testado.

TABELA 6.39 - TESTE DE MANN-WHITNEY U APLICADO DE ACORDO COM A INFLUÊNCIA DA FORMAÇÃO MUSICAL NA LATÊNCIA

	Mann-Whitney U	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
C_Latência E1 OD	2,000	-,577	,564
C_Latência E3 OD	1,000	-,447	,655
C_Latência E5 OD	,000	-1,342	,180
C_Latência E3 OE	1,500	,000	1,000

Na análise do teste efectuado na tabela anterior é possível observar que não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas em relação à variável formação musical, não se encontrando portanto diferenças nos resultados obtidos na latência das ondas do MMN1. É possível também observar que não foi realizada uma análise aos estímulos 1 e 5 do ouvido esquerdo (E1 e E5 respectivamente), devido ao facto de não terem sido encontrados casos de indivíduos com formação musical com presença de MMN1 referentes aos dois estímulos referidos anteriormente.

ANÁLISE DA AMPLITUDE DO GRUPO 2 - CRIANÇAS

Na tabela seguinte é feita a análise à amplitude de acordo com o factor formação musical, para todos os estímulos e para ambos os ouvidos.

TABELA 6.40 - TESTE DE MANN-WHITNEY U APLICADO DE ACORDO COM A INFLUÊNCIA DA FORMAÇÃO MUSICAL NA AMPLITUDE

	Mann-Whitney U	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
C_Amplitude E1 OD	2,000	-,577	,564
C_Amplitude E3 OD	1,000	-,447	,655
C_Amplitude E5 OD	,000	-1,342	,180
C_Amplitude_E3 OE	1,000	-,447	,655

Na análise do teste de Mann-Whitney U efectuado na tabela anterior observa-se a inexistência de diferenças estatisticamente significativas em relação à variável formação musical, não existindo portanto diferenças nos resultados obtidos na amplitude das ondas do MMN1. Tal como na tabela anterior verifica-se que não foi realizada uma análise aos estímulos 1 e 5 do ouvido esquerdo (E1 e E5 respectivamente), devido ao facto de não terem sido encontrados casos de indivíduos com formação musical com presença de MMN1 referentes aos dois estímulos referidos anteriormente.

Após a observação dos resultados obtidos através do teste de Mann-Whitney U verifica-se que a formação musical não parece influenciar de forma significativa os resultados da latência e amplitude do MMN1 relativamente ao grupo 2 considerado. Como tal rejeita-se a H_0 , ou seja verifica-se que a formação musical não exerce uma influência sobre os resultados do MMN1.

6.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após a análise e realização do tratamento estatístico adequado aos dados recolhidos pode concluir-se alguns factos relevantes nesta investigação.

Na análise das ondas obtidas através da estimulação com os estímulos de fala desenvolvidos foi possível considerar no Grupo 1 (Adultos) a presença de MMN1 e MMN2 em treze indivíduos, e pode também observar-se que em seis elementos determinou-se apenas a presença do MMN1, o que dá um total de 19 indivíduos onde foi possível detectar a presença de MMN independentemente do tipo de MMN.

O MMN 1 surge assim como o tipo de MMN mais detectado, sendo possível detectá-lo em 86% dos elementos do grupo 1 (n total=22).

No Grupo 2 (Crianças) foi possível detectar a presença do MMN1 em seis participantes. É possível também observar que em dois indivíduos se verifica a presença do MMN1 e MMN2. Verifica-se portanto que na sua maioria, (n=8) é possível detectar a presença do MMN1 tendo em conta que o número total de elementos testados foi de 10.

Tal como se verificou no grupo 1 (Adultos), para o grupo 2 (Crianças) o MMN1 foi o tipo de MMN mais detectado correspondendo a 80%.

No grupo 1 (Adultos) relativamente ao tipo de estímulo que evoca um maior número de respostas observa-se que o estímulo que apresenta um maior número de indivíduos onde foi possível detectar a presença de MMN foi o estímulo 5, onde 17 elementos da amostra apresentaram o MMN em resposta ao estímulo.

No grupo 2 (Crianças) o estímulo que apresenta um maior número de detecções de MMN é o estímulo 1, com seis elementos a apresentarem MMN.

Ao estímulo 5 corresponde o par *gama-gama* cujo traço distintivo reside essencialmente nas diferentes durações.

O estímulo 1 corresponde ao par *bata-gata*, correspondendo a diferença neste par no Ponto de articulação do [b] – bilabial e [g] - velar.

Um estudo efectuado por MURPHY (2007) na avaliação do Processamento Auditivo Central através de testes de processamento auditivo temporal concluiu que as crianças obtinham melhores resultados na discriminação de frequências do que na discriminação de durações. No entanto esse facto difere em adultos, principalmente considerando diferentes línguas. Em línguas maternas diferentes como o inglês e o alemão os indivíduos apresentam desempenhos diferentes no modo como os estímulos são processados. Isto porque cada língua requer uma percepção acústica particular, apresentando características fonéticas específicas, e considerando-se o português encontra-se um número superior de fonemas diferenciados a partir da variável duração do que por frequência (MURPHY, et al., 2007) o que pode implicar, no caso dos adultos um melhor desempenho da discriminação quando é considerado como paradigma do MMN diferenças na duração das palavras, ocorrendo o contrário nas crianças, devido talvez às menores habilidades linguísticas e a imaturidade das vias auditivas, que nos PEALL atingem os valores de adultos por volta dos 16-18 anos (HALL, 2007).

No grupo 1 na comparação em ambos os ouvidos das características de latência e amplitude, do MMN1 e MMN2 dos estímulos de fala utilizados neste estudo com valores obtidos com estímulos tonais e vocais obtidos no estudo de Schulte-Körne et al. (2001)

verificou-se que os estímulos de fala em PE não apresentam as mesmas características dos estímulos tonais e vocais, verificando-se que existiam diferenças estatisticamente significativas na maioria das comparações de médias efectuadas, com *p-value (sig.2-tailed)* < $\alpha=0.05$. A única excepção ocorre com a latência do MMN2 quando comparada com a latência do MMN2 obtida com estímulos tonais.

A existência de diferenças entre os resultados está de acordo com KRAUS *et al* (1999) e KUJALA (2006) em que estes sugerem que exista uma activação cortical mais extensa quando os estímulos são apresentados com exigências específicas de processamento, tal como a discriminação quando comparada apenas à detecção física de sons.

Estes resultados foram também obtidos por Davids *et al* (2009) em que os investigadores ao estudarem discriminações acústicas de diferentes tipos de sons encontraram diferenças nos resultados com a utilização de diferenças fonéticas ligeiras e contrastes fonéticos mais relevantes, comparando os resultados com diferenças no pitch de um som. Estes investigadores obtiveram também valores de MMN com uma amplitude bastante superior nos casos de estímulos com contexto fonético em comparação com o mero contexto acústico.

No estudo da correlação entre os estímulos estudados verificou-se que o par que apresentava maior número de vezes correlação no grupo dos adultos (grupo 1) era o E2 e E5, verificando-se esse facto na latência e amplitude do MMN1 e ocorrendo tanto no ouvido esquerdo como no ouvido direito. No entanto todos os estímulos apresentam pelo menos uma correlação, na amplitude ou na latência.

Estes dados indicam que na maioria dos casos verifica-se a existência de correlação entre os resultados de amplitude e latência do MMN1 entre os estímulos estudados o que pode indicar que os estímulos implicam processos cognitivos bastante semelhantes na discriminação das diferenças. No entanto seria de esperar uma maior correlação nos estímulos que apresentam o mesmo tipo de paradigma, ou seja naqueles que apresentam diferenças nos pontos de articulação de acordo com a alteração vogal ou consoante, não tendo sido possível explicar o facto da correlação ocorrer no estímulo 2 que apresenta diferenças de ponto de articulação na consoante e o estímulo 5 que apresenta uma diferença de duração.

Este facto pode indicar que apesar das diferenças entre os fonemas dos estímulos, eles evocam respostas electrofisiológicas semelhantes, e como tal processos temporais semelhantes.

Nas crianças (grupo 2) verificou-se que os estímulos que apresentam correlação o maior número de vezes foram os pares de estímulos 1 e 3 e 1 e 5, no ouvido direito para a latência e amplitude o que vêm em concordância com os resultados obtidos referentes ao estímulo que produziu maior número de respostas de MMN, que no caso do grupo 2 foi o estímulo 1.

No entanto deve ressaltar-se o facto de muitos dos pares de estímulos, em ambos os grupos, não foram analisados devido ao baixo número de casos em que se verificou a presença de MMN, verificando-se isso principalmente no ouvido esquerdo. Esta correlação pode indicar que os processos envolvidos na discriminação dos estímulos de fala são semelhantes para os estímulos apresentados. No caso do grupo 2, como só foram estudados os estímulos 1, 3 e 5, que apresentam paradigmas com características diferentes, não seria de esperar que os processos envolvidos fossem os mesmos, visto que tal como nos adultos são paradigmas diferentes. Esse facto necessita portanto de mais investigação.

Relativamente às diferenças entre ouvido esquerdo e direito foram encontradas diferenças estatisticamente significativas na amplitude do MMN1 obtida através do estímulo 1 no grupo dos adultos (grupo 1).

Este facto está de acordo com alguns estudos efectuados em adultos normo-ouvintes, em que Näätänen et al (1997) e Kasai (2001) concluíram que existiam diferenças, verificando através do MMN uma predominância da lateralização da linguagem no hemisfério esquerdo. No entanto Brossil et al (2007) também num estudo com normo-ouvintes concluiu que não existiam diferenças entre os resultados do ouvido direito e esquerdo do MMN, apesar da dominância do hemisfério esquerdo no processamento da fala. No entanto alguns investigadores têm sugerido que diferentes sons podem produzir diferentes lateralizações, o que pode incluir pequenas diferenças entre vogais ou consoantes (NÄÄTÄNEN, et al., 2007), o que pode explicar o facto de no presente estudo apenas se ter obtido diferenças com o estímulo 1.

Relativamente às crianças não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre o ouvido esquerdo e direito, no entanto, considerando a amplitude do

MMN1 todos os estímulos apresentaram amplitude inferior no ouvido esquerdo. Relativamente à latência não se obteve o mesmo resultado.

O facto de não se verificarem diferenças entre o ouvido esquerdo e direito pode resultar da imaturidade do sistema auditivo (HALL, 2007) e como tal não se verifica uma lateralização tão evidente no MMN.

Outra constatação que talvez possa explicar os resultados nas crianças é o facto de no grupo 2 existir um equilíbrio entre elementos do sexo masculino e feminino, que não se observa no grupo 1, visto que utilizando estímulos de fala, no género feminino se obtêm maiores amplitudes no hemisfério esquerdo em comparação com o género masculino em que se obtêm maiores amplitudes no hemisfério direito (HALL, 2007).

Outra explicação pode ser o facto de ambos os ouvidos terem sido estimulados ao mesmo tempo e como tal a recolha dos dados implicou que o ouvido direito e esquerdo apresentavam o mesmo ponto de referência (positivo) relativamente à captação da actividade electrofisiológica nos eléctrodos.

Relativamente à formação musical entre os indivíduos, os resultados obtidos em ambos os grupos demonstraram que os conhecimentos musicais não influenciam a discriminação fonética que ocorre na realização do teste de Mismatch Negativity.

Estes resultados não estão de acordo com as considerações de KUJALA (2007), em que este autor considera que os músicos apresentam maiores capacidades de discriminação nos sons e como tal podem evidenciar melhores resultados nos testes onde esse factor é avaliado. O motivo desta discordância pode resultar de os indivíduos serem na sua maioria bastantes jovens e a sua formação musical é ainda insuficiente para se obterem resultados concordantes com o autor.

CONCLUSÕES

Neste trabalho pretendia-se não só investigar os resultados obtidos com a aplicação de estímulo de fala em Português Europeu em Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência mas também estudar diversos aspectos relacionados com o desempenho cognitivo dos indivíduos testados, em que o Mismatch Negativity apresenta um maior potencial, sendo esse um dos motivos da escolha deste teste para a realização dos testes experimentais na aplicação dos estímulos de fala desenvolvidos.

Uma das possíveis aplicações deste teste é na avaliação da maturação cognitiva, sendo esse facto bastante relevante na análise de crianças e bebés onde a colaboração é ainda inexistente. Devido a não ser necessária colaboração dos indivíduos no MMN, esta forma de avaliar torna-se bastante aliciente, sendo no entanto necessário considerar que actualmente não existem ainda valores aceitáveis de precisão e exactidão do teste em termos individuais, sendo apenas utilizada na comparação entre grupos.

Neste estudo procurou-se avaliar o desempenho de dois grupos distintos, o grupo 1 constituído por 22 adultos e o grupo 2 composto por 10 crianças. Apesar de não terem sido comparados directamente os resultados entre os dois grupos, verifica-se diferenças entre eles, o que sugere que a necessidade de avaliar de forma distinta duas populações com características diferentes.

Observa-se, considerando-se os resultados deste estudo, que no estudo de populações com faixas etárias distintas, de modo a obter-se melhores resultados, pode ser necessário escolher diferentes divergências nos estímulos. Sendo que nos adultos o estímulo que sugeriu um melhor desempenho foi um estímulo cujo paradigma estava centrado nas diferenças de duração entre a mesma palavra, e nas crianças foi o estímulo onde a diferença apresentada residia no ponto de articulação de uma consoante.

Foi também possível observar a presença de dois MMN, um considerado de latência mais curta entre os 100 e 300 ms (MMN1) e outro com uma latência tardia entre os 300

e 500 ms (MMN2), principalmente nos adultos, o que pode também servir como um complemento aos dados fornecidos pelo MMN1.

A existência de diferenças estatísticas entre as médias das latências e amplitudes obtidas através dos estímulos de fala em PE e os tonais e silábicos evidencia que os processos cognitivos no decurso da discriminação acústica implicam processos diferentes dos implicados no processamento das discriminações fonéticas. Isto sugere não só uma mera discriminação de sons mas um processamento da informação de forma a discriminar em termos linguísticos.

Relativamente às diferenças entre o ouvido esquerdo e direito não é possível concluir que existe uma notória lateralização hemisférica quando se utilizam estímulos de fala, pois apenas se verificaram diferenças estatísticas na amplitude do MMN1 de um estímulo.

Comparando os resultados do grupo 1 e 2 para os ouvidos esquerdo e direito pode considerar-se que é provável que a amplitude seja mais sensível na detecção de diferenças na discriminação entre ouvidos.

Pode também concluir-se que na medição do MMN devem ser utilizadas diversas técnicas de modo a considerar-se a presença ou ausência do MMN, não devendo basear-se apenas num critério que pode levar a conclusões erradas, visto que através da latência e amplitude podem observar-se resultados bastante díspares.

ESTUDOS FUTUROS

Os resultados obtidos neste estudo vieram demonstrar que o Mismatch Negativity necessita ainda de investigação de modo a poder-se considerar um teste aplicável na rotina clínica. Salienta-se também a importância de criar novos estímulos e paradigmas que possam conduzir a resultados fiáveis e possíveis de reproduzir em iguais condições.

Em estudos futuros seria interessante comparar resultados entre vários estímulos de fala e estímulos tonais ou estímulos mais complexos como por exemplo música, de forma a estudar-se as respostas de diferentes estímulos acústicos.

Seria também importante estudar as diferenças entre sexos e considerar diferentes faixas etárias de forma a compreender-se como ao longo da idade se desenvolvem os processos cognitivos da audição, com um maior número de casos.

No futuro seria útil estudar os resultados obtidos com os estímulos desenvolvidos nesta investigação nos outros testes dos Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência.

Outro factor que é relevante e apresenta ainda muitas possibilidades de investigação é a diminuição do sinal EEG e ruído captado, sendo essa actualmente uma das grandes limitações que os PEALL ainda apresentam, sendo que esse problema é ainda um dos grandes inconvenientes do teste de Mismatch Negativity.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAM. 2004. Ear Infections (Otitis Media) in Children. *About.com:Health topics A-Z*. [Online] The New York Company, 2004. adam.about.com/reports/000078_5.htm.

ALMEIDA, Gisele Cristina de, RIBEIRO, Laura Caruso e GARCIA, Adriana Pontin. 2007. Estudo da latência do reflexo acústico contralateral em ouvintes normais. *Acta ORL* . nº2, 2007, Vol. 25.

ANDRADE, Amália e VIANA, Maria do Céu. 1996. *Introdução à Linguística Geral e Portuguesa*. Lisboa. Editorial Caminho, 1996. pp. 115-128.

AQUINO, António Maria Claret Marra de e ARAÚJO, Marcelo Sivieri de. 2002. Vias Auditivas: Periféricas e Central. [autor do livro] António Maria Claret Marra de Aquino. *Processamento Auditivo - Electrofisiologia e Psicoacústica*. São Paulo. Editora:Lovise, 2002.

AZEVEDO, Milton Mariano. 2003. *Vozes em Branco e Preto: A representação literária da fala não padrão*. São Paulo. Edição Universidade de São Paulo, 2003. pp. 144-153. ISBN:8531407613.

BAYLON, Christian e FABRE, Paul. 1990. *Iniciação à Linguística*. [trad.] Telmo Verdelho. Coimbra. Coimbra Almedina, 1990. ISBN: 9724004597.

BEYNON, A. J. e SNIK, A. F. 2004. Use of the event-related P300 potential in cochlear implant subjects for the study of strategy-dependent speech processing. *International Journal of Audiology*. 2004, Vol. 43.

BIAP recommendation n° 02/1 : Audiometric classification of hearing impairments. Bureau International d'AudioPhonologie. 2005. Belgium, 2005.

BROSSIL, Adriana Bortoleto, et al. 2007. Verificação das respostas do Mismatch Negativity (MMN) em sujeitos adultos normais. *Revista Brasileira de ORL*. 6, 2007, Vol. 73.

BROWN, M. Cristian e SANTOS-SACCHI, Joseph. 2008. Audition. [autor do livro] Larry Squire, Flod Bloom e Nicholas Spitzer. *Fundamental neuroscience*. Editora:Academic Press, 2008.

BRUNELLIÈRE, Angèle, et al. 2009. Behavior and electrophysiological evidence for the impact of regional variation on phoneme perception. *Cognition*. 03, 2009.

CALHOUN, Barbara. 2000. Brain Connection. *Brain Connection*. [Online] Scientific Learning, 2000. [Citação: 20 de Abril de 2009.] www.brainconnection.com/auditory-anat2.

CARVALLO, Renata M. M. e SOARES, Jordana C.. 2004. Efeito do estímulo facilitador no limiar de reflexo acústico. . *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*. nº2, 2004, Vol. 70.

CHIAPPA, Keith H. 1990. Principles of Evoked Potentials. *Evoked Potentials in Clinical Medicine*. New York. Editora: Raven Press, 1990.

CLOPTON, Ben M. e VOIGT, Herbert F. 2006. Auditory System. [autor do livro] Joseph D. Brazino. *The Biomedical Engineering Fundamentals*. New York. Editora:Taylor e Francis, 2006.

CORREA, Marco António Teixeira. 2004. Instituto Otorrinolaringologia. *Exercicios de reabilitação labirintica*. [Online] mIm, 2004.

COWAN, Nelson. 1998. Memory activation and attentional focusing. *Attention and memory: an integrated framework*. US. Editora: Oxford University Press, 1998.

CUERVO, Carlos Guzmán. 2007. Medicos en Formation. *Neuroanatomia*. [Online] 2007. <http://medicosenformation7.tripod.com/imagenesneuroanatomia1.htm>.

DALLOS, Peter e FAKLER, Bernd. 2002. Nature Reviews. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*. [Online] Nature publishing group, February de 2002. <http://www.nature.com>.

DAVIDS, Nina, et al. 2009. Towards neurophysiological assessment of phonemic discrimination: Context effects of the mismatch negativity. *Clinical Neurophysiology*. 10, 2009.

Departamento de Física. 2007. *Laboratórios de física. Filtros Passa-baixo e Passa-alto*. [Documento] Porto. Instituto Superior de Engenharia do Porto - Departamento de Física, 2007.

DIEHL, Rendy L., LOTTO, Andrew J. e HOLT, Lori L. 2004. Speech Perception. *Annu. Rev. Psychol.* 2004, pp. 55: 149-179.

DUBAIS, Jean. 2001. *Dicionário de linguística*. 8ª. Editora Cultrix, 2001. ISBN: 8531601231.

EGGERMONT, Jos J. 2006. Electric and Magnetic Fields of Synchronous Neural Activity - Peripheral and Central Origins of Auditory Evoked Potentials. [autor do livro] Robert F. Burkard, Manuel Dou e Jos J. Eggermont. *Auditory Evoked Potentials - Basic Principles and Clinical Application*. Editora: Lippincott, Williams e Wilkins, 2006.

FASTL, Hugo e ZWICKER, Eberhard. 2007. *Psychoacoustics: Facts and models*. New York. Editora Springer, 2007. ISBN:0720-678X.

FERNANDES, Adalberto. 2000. Acerca da Surdez Social e Cultural. [autor do livro] Nunes e Rui. *Perspectivas na Integração da Pessoa Surda*. Coimbra. Editora:Gráfica de Coimbra, Lda, 2000.

FERRARO, Jonh A. e DURRANT, Jonh D. 1999. Potenciais Evocados Auditivos: Visão Geral e Principios Básicos. [autor do livro] Jack Katz. *Tratado de Audiologia Clínica*. Brasil. Editora: Manole Ltda, 1999.

FOSKER, Timothy e THIERRY, Guillaume. 2005. Phonological oddballs in the focus of attention elicit a normal P3b in dyslexic adults. *Cognitive Brain Research*. 2005, Vols. 24, 467-475, Neural basis of behavior.

FRANCHE, Guilherme L.S., et al. 1998. Otoscopia e timpanometria no diagnóstico de otite média secretora. *Jornal de Pediatria*. 0021-7557/98/74-05/365, 1998.

GELFAND, S. A. 2001. *Essentials of Audiology*. 2ª Edição. New York. Editora Thieme, 2001. ISBN: 1-58890-017.

GOLDSTEIN, Robert e ALDRICH, Willian M.: 1999. Electric Activity in the Brain and Auditory System and Principles of Signal Averaging. *Evoked Potential Audiometry*. Editora:Allyn & Bacon, 1999, II.

GRAHN, Jessica. 2008. Cognition and Brain Science Unit. *Medical Reseach Council - Cognition and Brain Science Unit*. [Online] Webmaster, 2008. www.mrc-cbu.cam.ac.uk/neuroanatomy.html.

GUYTON, Arthur C. e HALL, Jonh E. 1998. *Fisiologia Humana e Mecanismos das Doenças*. Brasil. Editora:Guanabara Koogan, 1998. ISBN-10:85227704420.

HACNEY, Carole M. 2006. From cochlea to Cortex - A simple Anatomical Description. [autor do livro] Steve GREENBERG e Willian Anthony AINSWORTH. *Listening to Speech: An auditory Perspective*. Editora: Routhedge, 2006.

HALL, James W. 2007. *New Handbook of Auditory Evoked Responses*. Florida : Editora: Pearson Education, Inc, 2007. ISBN: 0-205-36104-8.

HALL, James. W. 2000. *Handbook of Otoacoustic Emissions*. Canada. Editora: Singular Publish Group - Thompson Learning, 2000. ISBN: 1-56593-873-9.

HARTMANN, William M. 1997. *Signals, Sound and Sensation*. Editora: Springer, 1997. ISBN: 1563962837.

HAYKIN, Simon S. 2001. *Redes Neurais - Principios e prática*. Editora Bookman, 2001. ISBN:9788573077186.

HENRIQUE, Luís L. 2002. *Acústica Musical*. Lisboa. Fundação Calouste Gulbenkian, 2002. pp. 665-703. 972-31-0987-5.

HIRAYASU, Yoshio, et al. 1998. Auditory Mismatch Negativity in Schizophrenia:Topographic Evaluation With a High-Density Recording Montage. *American Journal of Psychiatry* . 155:1281-1284, 1998.

HUNTER, Aimee M., et al. 2005. Neurophysiologic Correlates of side Effects in Normal Subjects Randomized to Venlafaxine. *Neuropsychopharmacology*. 792-799, 2005, Vol. 30, Clinical Research.

IANSI. 2000. Hemisférios Cerebrais. *Neurologia*. [Online] Intituto de Análise e Modificação do Comportamento, 2000. <http://www.iansi.org.asp>.

JAMARILLO, Maria, et al. 2001. Are different kinds of acoustic features processed differently for speech and non-speech sounds. *Cognitive Brain Research*. 2001, Vol. 12, Neural basis of behavior.

JEKOSCH, U. 2005. *Voice and Speech Quality Perception - Assesment and Evaluation*. Berlin - Heldenhurg. Springer, 2005. pp. 53-69. ISBN - 978-3-540-28860-2.

JUBRAN, Safa Alferd Abouchahla. 2004. *Árabe e Português: Fonologia Constructiva com Aplicação de Tecnologias Informatizadas*. Edição de EduUSP, 2004. ISBN:8531408245.

JUNQUEIRA, Cinthia Amorim O. e Frizzo, Ana Cláudia FIGUEIREDO. 2002. Potenciais Evocados Auditivos de Curta, Média e Longa Latência. [autor do livro] António Maria Claret Marra de Aquino. *Processamento Auditivo - Electrofisiologia e Psicoacústica*. São Paulo. Editora: Lovise, 2002.

KASAI, K., et al. 2001. Brain lateralization for mismatch response to across and within-category change of vowels. *NeuroReport*. 12, 2001.

KATZ, J. 1999. Desordens do Processamento Auditivo. *Tratado de Audiologia Clínica*. 4ª Edição. Brasil. Editora Manole Lda, 1999.

KENT, Michael. 2007. *The Oxford Dictionary Sports Science and Medicine*. Editora: Oxford Press, 2007. ISBN: 9780198568506.

KORPILAHTI, Pirjo, et al. 2001. Early and Late Mismatch Negativity Elicited by words and Speech-Like Stimuli in Children. *Brain and Language*. 2001, Vols. 76, 332-339.

KRAUS, Nina e MCGEE, Therese. 1999. Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência. [autor do livro] Jack KATZ. *Tratado de Audiologia Clínica*. Brasil : Editora:Manole,Ltda, 1999.

KUJALA, Teija, TERVANIEMI, Mari e SCHRÖGER, Erich. 2007. The Mismatch Negativity in cognitive and clinical neuroscience: Theoretical and methodological considerations. *Biological Psychology*. 2007, Vols. 74, 1-19.

LI, X., YANG, Y. e REN, G. 2009. Immediate Integration of Prosodic information from speech and visual information from pictures in the absense of focused attention: A MMN study. *Neuroscience* . 2009,

LIEBERMAN, Philip e BLUMSTEIN, Sheila E. 1988. *Speech physiology, speech perception, and acoustic phonetics*. 3ª.Edição Cambriedge. Cambridge University Press, 1988. ISBN:0521313570.

LINARES, Ana Emília e CARVALHO, Renata Mota Mamede. 2004 . Latência do Reflexo Acústico em Crianças com Alteração do Processamento Auditivo. *Arquivos Internacionais de Otorrinolaringologia*. Num.1, 2004 , Vol. 8.

LOIZOU, P. 1998. Introduction to coclear implants. *IEEE Signal Processing Magazine*. 1998.

LOPES, Otacilio. 1973. Da Impedância do Ouvido Médio e do Diagnóstico Otológico. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*. 2ªEdição, 1973, Vol. 39.

Lyman Briggs College. 2009. Struture of the Human Ear. *The Physics of Hearing*. [Online] Michigan State University, 2009. [Citação: 19 de Maio de 2009.] <http://uic.edu/classes/physics/ear.gif>.

MÄÄTÄ, Sara et al. 2005. Selective event-related potenciales effects from auditory novel stimulo in children and adults. *Clinical Neurophysiology*. 2005.

MARTIN, Brett A., TREMBLAY, Kelly L. e STAPELLS, David R. 2006. Principles and Applications of Cortical Auditory. [autor do livro] Robert F. Burkard e Jos J. EGGERMONT. *Auditory Evoked Potentials - Basic Principles and Clinical Application*. Editora: Lippincott, Williams e Wilkins, 2006.

MARTINS, Maria Raquel Delgado. 1998. *Ouvir falar: introdução à fonética do português*. 3ª Edição. Lisboa : Editorial Caminho, SA, 1998. pp. 33-41. ISBN: 972-21-0646-5.

MATEUS, Maria Helena Mira. 2006. A Pronúncia do Português Europeu. *Instituto Camões*. [Online] 2006. [Citação: 17 de Abril de 2009.] <http://cvc.instituto-camoes.pt/cpp/index.html>.

McPHERSON, Davis L. e BALLACHANDA Bopanna B., kaf Wafaa. 2007. Middle and Long Latency Auditory Evoked Potentials. [autor do livro] Michael Valente, Holly Hosford-Dunn Ross J. Roeser. *Audiology - Diagnosis*. 2ª Edição. Editora: Thieme, 2007.

MOORE, Brian C. J. 2003. *An Introduction to the Psychology of Hearing*. 5ª Edição. San Diogo Academic Press, 2003. pp. 299-330. 0-12-505628-1.

MOORE, K.L. e PERSAUD, T. V. N. 2004. *Embriologia Básica*. 6ª Edição. Rio de Janeiro Editora Elsevier Ltda, 2004. ISBN: 13-978-85-352-1369-0.

MOORE, Keith L. e DALLEY, Arthur F. 2001. *Anatomia Orientada para a Clínica*. 4ª Edição. Rio de Janeiro. Editora: Guanabara Koogan, S.A., 2001. ISBN: 85-277-0675-X.

MULLIN, william J., et al. 2003. *Fundamentals of sound with applications to speech and hearing*. Boston : Editora: Pearson education, 2003. ISBN: 0-205-37087-X.

MURPHY, Cristina Ferraz Borges e SCHOCHAT, Eliane. 2007. Influência d paradigmas temporais em testes de processamento temporal auditivo. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*. 3, 2007, Vol. 19.

MUSIEK, F. E. e BARAN, J. 2007a. *The Auditory System: Anatomy, Physiology and Clinical Correlations*. Boston : Editora Pearson Education, Inc, 2007a. ISBN: 0-205-33553-5.

MUSIEK, Frank E. e Jeffrey A. WEIHING, and Victoria B. OXHOLM. 2007b. Anatomy and Physiology of the Central Auditory Nervous System: A clinical Perspective. [autor do livro] Michael Valente, Holly Hosford-Dunn Ross J. Roeser. *Audiology - Diagnosis*. 2ªEdição. Arizona. Editora:Thieme, 2007b.

NÄÄTÄNEN, Risto, et al. 2007. The Mismatch Negativity (MMN) in basic research of central auditory processing:A review. *Clinical Neurophysiology*. 118, 2007, Vols. 2544-2590.

NÄÄTÄTEN, R. e ALHO, K. 1997. Mismatch Negativity - The measure for central sound representation accuracy. *AUDIOL Neuro-Otol*. 2, 1997.

NOBACK, Charles R., et al. 2006. *The Human Nervous Sytem: Structure and function*. Editora:Human Press, 2006. ISBN: 1588290409.

NORTHERN, Jerry L. e GABBARD, Sandra Abbott. 1999. Reflexo Acústico. [autor do livro] Jack Katz. *Tratado de Audiologia Clínica*. Brasil : Editora Manole Lda, 1999.

OPEN UNIVERSITY. 2005. Learning Spaces. *Open learn*. [Online] OCW Consortiun, 2005. [Citação: 17 de Maio de 2009.] <http://www.openlearn.open.ac.uk>.

PAKARINEN, Satu, et al. 2007. Measurement of extensive auditory discrimination profiles using the Mismatch Negativity of the auditory event-related potential (ERP). *Clinical Neurophysiology*. 118, 2007, Vols. 177-185.

Pearson Education Inc. 2004. [Online] 2004. www.pearsoneducation.com.

PENHA, Rui, RAMOS, Ana Margarida e CRUZ, M^ª Fátima. 1998. Semiologia Otológica. [autor do livro] Rui Penha. *Otorrinolaringologia*. Lisboa. Editora: Antunes e Amilcar, Lda, 1998.

PENROD, John P. 1999. Logaudiometria. [autor do livro] Jack Katz. *Tratado de Audiologia Clínica*. Brasil. Editora: Manole Lda, 1999.

PEREIRA, Jorge Resende, REIS, Ana Mafalda e MAGALHÃES, Zita. 2003. Neuroanatomia Funcional - Anatomia das áreas activáveis nos usuais paradigmas em ressonância magnética funcional. *Acta Médica Portuguesa*. 10: 107-116, 2003.

PLANK, Christopher J., et al. 2005. *Pitch*. Editora de Birkhäuser, 2005. ISBN: 0387234721.

PUJOL, Remy. 2003. *Em torno da coclea*. Portugal : Servier , 2003.

RAPHAEL, Lawrence J., BORDEN, Gloria e HARRIS, Katherine S. 2006. *Speech Science Primer: Physiology, Acoustics and Perception of Speech*. Editora: Lippincott, Williams & Wilkins, 2006. ISBN: 078177X.

REIS, J. L. 1998. Fisiologia do Ouvido. [autor do livro] Samuel A. B. RUAH e Carlos RUAH. *Manual de Otorrinolaringologia*. Amadora. Editora Roche Farmacêutica, 1998, Vol. III, pp. 49-54.

REIS, José Luís. 1998. Avaliação Auditiva. [autor do livro] Samuel A. Bentes RUAH e Carlos Bentes RUAH. *Manual de Otorrinolaringologia*. Amadora. Roche Farmaceutica Quimica Lda, 1998.

REIS, José Luis e BORGES, Isabel. 2002c. Audiometria Tonal. [autor do livro] José Luis Reis. *Surdez - Diagnóstico e Reabilitação*. Servier Portugal, 2002c.

REIS, José Luís e SALGADO, Sónia. 2002a. Electrofisiologia Auditiva - Principios básicos. [autor do livro] José Luís Reis. *Surdez, Diagnóstico e Reabilitação*. Editora: Elsevier Portugal, 2002a, Vol. I, VIII.

REIS, José Luis. 2002b. Impedância acústica. [autor do livro] José Luis Reis. *Surdez, Diagnóstico e Reabilitação*. Editora:Elsevier Portugal, 2002b.

ROBINETTE, M. 2007. *Otoacoustic Emissions - Clinical Application*. Stugardt. Editora:Thieme Medical Publisher Inc, 2007. ISBN:10:1-58890-411-3.

ROQUE, Carla Sofia. 2008. Repensar a Audiometria Vocal - Novas Palavras para Novas Abordagens. *Audiologia em Revista*. 2008, Vol. I.

RUAH, Carlos. 2002. Anatomo-fisiologia da Audição. [autor do livro] J. L. REIS. *Surdez - Diagnóstico e Reabilitação*. Portugal. Editora: Gazela Artes Gráficas, 2002, Vol. I, pp. 9-30.

RUAH, Carlos e PENHA, R. 1998b. Otologia: Embriologia e Anatomia do Ouvido. [autor do livro] Rui PENHA. *Otorrinolaringologia*. Lisboa : Editora:Antunes & Amilcar, Lda, 1998b, pp. 12-31.

RUAH, Samuel. 1998c. Anatomia do Ouvido. [autor do livro] Carlos B. RUAH Samuel A. B. RUAH. *Manual de Otorrinolaringologia*. Amadora. Editora: Roche Farmaceutica Quimica Lda, 1998c, Vol. III, pp. 55-100.

RUAH, Samuel e RUAH, Carlos, J.L. 1998a. Exame de Audição - Avaliação Auditiva. [autor do livro] Samuel A. B. Ruah e Carlos B. Ruah. *Manual de Otorrinolaringologia*. Amadora. Editora: Roche Farmaceutica Química Lda, 1998a.

SANTOS, Marco Aurélio Rocha, et al. 2006. Contribuição do Mismatch Negativity na avaliação cognitiva de indivíduos portadores de esclerose múltipla. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*. 72 (6), 2006.

SARAVAN, Elangovan, et al. 2005. A comparison of the Mismatch Negativity and a differential waveform response. *International Journal of Audiology*. 2005, Vols. 44, 637-646.

SCHULTE-KORNE, Gerd, et al. 2001. Speech perception deficit in dyslexic adults as measured by Mismatch Negativity. *International Journal of Psychophysiology*. 2001, Vols. 40, 77-87.

SEELEY, Rob R., STHEPHENS, T. D. e TATE, P. 2005. *Anatomia e Fisiologia*. 6ª Edição. Loures : Lusociências - Edições Técnicas e Científicas, Lda, 2005. ISBN: 972-8930-07-0.

SENNA, Fernando. 2009. Bionoticias. [Online] Fevereiro de 2009. [Citação: 22 de Abril de 2009.] <http://fernandocorreassenna.blogspot.com/>.

STAPPELLS, David. 2009. Cortical Event-Related Potentials to Auditory Stimuli. [autor do livro] Jack Katz, et al. *Handbook of Clinical Audiology*. 6ª Edição. Philadelphia. Editora: Lippincott Williams & Wilkins, 2009.

STELT, Odin van der e BOXTEL, Geer J. M. van. 2008. Auditory P300 and Mismatch Negativity in comatose states. *Clinical Neurophysiology*. 119 , 2008, Vols. 2172-2174.

THORNTON, A. Roger D. 2006. Instrumentation and Recording Parameters. [autor do livro] Robert F. Burkard, Manuel Dou e Jos J. Eggermont. *Auditory Evoked Potentials - Basic Principles and Clinical Application*. Editora: Lippincott, Williams e Wilkins, 2006.

TRISTÃO, Rosana Maria e FEITOSA, Maria Angela Guimarães. 2003. Percepção da fala em bebés no primeiro ano de vida. *Estudos de Psicologia*. 8 de Março de 2003, pp. 459-467.

TZANAKOU, Evangelia Micheli e NIEVIES, Anette. 2006. Nervous System. [autor do livro] Joseph D. Brazino. *The Biomedical Engineering - Fundamentals*. 3ª. Edição. New York. Editora: Taylor e Francis, 2006.

U.S: DEPARTEMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. 2001. Rebuilding the Nervous System with Stem Cells. *Stem Cell Information*. [Online] Bethesda, MD: National Institute Of Health, 17 de Junho de 2001. [Citação: 16 de Junho de 2009.] <http://stemcells.nih.gov/info/scireport/chapter8>.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. 2008. Hemisférios Cerebrais. *Tecnologias de Informação*. [Online] 2008. <http://www.ffclrp.usp.br>.

UWER, Ruth e SUCHODOLETZ, Waldemar von. 2000. Stability of Mismatch Negativities in Children. *Clinical Neurophysiology*. 2000, Vols. 111, 45-52.

VELOSO, João. 1997. Vozeamento, Duração e Tensão nas oposições de sonoridade das oclusivas orais do português. *Línguas e Literaturas*. Revista da Faculdade de Letras do Porto, 1997, Vol. XIV.

VirtualMedicalcentre.com. 2007. Ear anatomy. *Virtual Medical Centre*. [Online] Titan Interactive, 31 de Dezembro de 2007. [Citação: 16 de Maio de 2009.] www.virtualmedicalcentre.com.

WARREN, D. H. e BERLIN, C.I. 2003. Central Auditory Function and Evaluation of Auditory Processing Impairments. [autor do livro] Francis Boller e Giacomo Rizzolatti, Laird S. Cermack, Rita Sloan Berndt, Ian H. Robertson, M. Berhmann, Sidney J. Segalowitz, Jordan Grafman. *Handbook of Neuropsychology*. Editora: Elsevier Health Science, 2003.

WEINER, Irving B., et al. 2003. *Handbook of Psychology: Biological psychology*. Editora: John Wiley and Sons, 2003. ISBN:0471384038.

ZEMLIN, Willard R. 2000. *Princípios de Anatomia e Fisiologia em Fonoaudiologia*. Porto Alegre. Editora: Artmed, 2000. ISBN:85-7307-700-X.

ANEXOS

Anexo 1

Listas de Dissílabos								
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	beta	nata	custo	deitar	baixa	lento	arma	choque
2	foto	birra	logro	chila	lenha	junta	tolo	vasco
3	pata	palha	classe	penso	cesto	zarpar	lota	borla
4	leite	fino	nulo	querer	pastel	homem	chuva	jeito
5	chispe	banho	jipe	colher	glosa	ilha	fama	quisto
6	maré	caixa	pulso	sino	lebre	fela	crivo	ontem
7	flocos	talco	urna	colher	cento	xisto	gelo	cristal
8	filha	pente	bela	drama	dote	domar	claque	farol
9	cume	solo	fito	ninfa	cola	anis	volta	timbre
10	minto	ovo	anho	fenó	bulha	negra	hera	telha
11	pranto	pisco	moita	balde	débil	cacto	bosque	zimbó
12	vintão	morte	velha	canhão	fosso	pinha		pele
13	éter	plano	dado	talo	gosto	missa	canto	herbal
14	barro	gesto	tema	obra	mote	gado	neste	gato
15	grama	zona	oval	puma	nesga	risco	quinta	irmã
16	numa	livro	chave	moça	vala	tela	ninho	sebo
17	julgo	bastão	santo	torre	justo	papel	ostra	dizer
18	azul	cobra	ripa	guita	eles	cedo	felra	neve
19	tosta	hino	morro	zebra	betão	pluma	rabo	pinhão
20	laço	trevo	vidro	blusa	alma	vulgar	monte	malta
21	cunha	gula	cinto	jasmim	chelo	troco	gago	flauta
22	sobe	dedo	sotão	luva	ponte	bisca	pote	roto
23			grito	ateu	teia	sopro	foice	logo
24	gama	vossa	guelra	vela	barril	fada	molhar	
25	dardo	chusma						
	9	10	11	12	13	14	15	
1	massa	cherne	jantar	terra	chapéu	galho	verde	
2	poste	coima	remo	beira	lata	tenho	junho	
3	voto	lasca	placa	ganho	cinza	chato	raiz	
4	nariz	mala	tear	julho	bispo	arpa	marca	
5	bloco	carro	pobre	lenço	calha	bola	tome	
6	lista	milho	frio	selo	branco	figa	plasma	
7	bota	pato	admo	vespa	vista	naco	nada	
8	resma	erva	mimo	quilo	fleuma	tipo	falsa	
9	fosco	nuvem	fundo	choco	faixa	queijo	zumbir	
10	dedal	basta	celha	bule	sonho	rumo	urso	
11	linda	queda	cova	anão	função	entre	choro	
12	falha	tapar	xaile	mula	pincel	vergar	gene	
13	tosco	quinta	felpo	dama	sala	disco		
14	gana	minha	libra	funil	gasto	melga	panar	
15	penha	faca	delta	tinha	roca	finta	bala	
16	zangão	fonte	chama	bilhar	osga	quebra	onze	
17	amor	gola	nora	floral	juiz	gamo	gota	
18	vicio	claro	ermo	zarpão	fala	clone	molhe	
19	cela	data	balão	país	damão	manta	cama	
20	talpa	vida	nadar	cujo	mata	lapis	leque	
21	costas	jugo	goma	uva	anel	circó	pedra	
22	hirtó	osso	tanto	ventre	nicho	traste	digo	
23	chupar	frasco	valsa	guiso	teste	pulga	gente	
24	jade	cisco	unha	creme		junto	sombra	
25								

ANEXO 2

Bata

Object id: 1

Object type: Sound

Object name: 2-bata_407ms

Date: Thu Sep 3 21:49:59 2009

Number of channels: 1 (mono)

Time domain:

Start time: 0 seconds

End time: 0.40750566893424034 seconds

Total duration: 0.40750566893424034 seconds

Time sampling:

Number of samples: 17971

Sampling period: 2.2675736961451248e-05 seconds

Sampling frequency: 44100 Hz

First sample centred at: 1.1337868480725624e-05 seconds

Amplitude:

Minimum: -0.266113281 Pascal

Maximum: 0.27835083 Pascal

Mean: 8.52814408e-06 Pascal

Root-mean-square: 0.0355661674 Pascal

Total energy: 0.000515475219 Pascal² sec (energy in air: 1.28868805e-06 Joule/m²)

Mean power (intensity) in air: 3.16238066e-06 Watt/m² = 65 dB

Standard deviation in channel 1: 0.035567156 Pascal

Data

Object id: 2

Object type: Sound

Object name: data_400ms

Date: Thu Sep 3 21:55:48 2009

Number of channels: 1 (mono)

Time domain:

Start time: 0 seconds

End time: 0.4009070294784581 seconds

Total duration: 0.4009070294784581 seconds

Time sampling:

Number of samples: 17680

Sampling period: 2.2675736961451248e-05 seconds

Sampling frequency: 44100 Hz

First sample centred at: 1.1337868480725624e-05 seconds

Amplitude:

Minimum: -0.246368408 Pascal

Maximum: 0.229125977 Pascal

Mean: -7.72519349e-05 Pascal

Root-mean-square: 0.0291162112 Pascal

Total energy: 0.00033987044 Pascal² sec (energy in air: 8.49676099e-07 Joule/m²)

Mean power (intensity) in air: 2.11938439e-06 Watt/m² = 63.26 dB

Standard deviation in channel 1: 0.0291169322 Pascal

Gata

bject id: 3

Object type: Sound

Object name: gata_400ms

Date: Thu Sep 3 21:59:08 2009

Number of channels: 1 (mono)

Time domain:

Start time: 0 seconds

End time: 0.4002267573696145 seconds

Total duration: 0.4002267573696145 seconds

Time sampling:

Number of samples: 17650

Sampling period: 2.2675736961451248e-05 seconds

Sampling frequency: 44100 Hz

First sample centred at: 1.1337868480725624e-05 seconds

Amplitude:

Minimum: -0.343536377 Pascal

Maximum: 0.338439941 Pascal

Mean: -3.6923676e-05 Pascal

Root-mean-square: 0.0404428353 Pascal

Total energy: 0.00065462006 Pascal² sec (energy in air: 1.63655015e-06 Joule/m²)

Mean power (intensity) in air: 4.08905731e-06 Watt/m² = 66.12 dB

Standard deviation in channel 1: 0.0404439642 Pascal

Beta

Object id: 4

Object type: Sound

Object name: Beta_400ms

Date: Thu Sep 3 22:02:23 2009

Number of channels: 1 (mono)

Time domain:

Start time: 0 seconds

End time: 0.40049886621315195 seconds

Total duration: 0.40049886621315195 seconds

Time sampling:

Number of samples: 17662

Sampling period: 2.2675736961451248e-05 seconds

Sampling frequency: 44100 Hz

First sample centred at: 1.1337868480725624e-05 seconds

Amplitude:

Minimum: -0.237762451 Pascal

Maximum: 0.225036621 Pascal

Mean: -6.61600083e-05 Pascal

Root-mean-square: 0.038910204 Pascal

Total energy: 0.000606356877 Pascal² sec (energy in air: 1.51589219e-06 Joule/m²)

Mean power (intensity) in air: 3.78500995e-06 Watt/m² = 65.78 dB

Standard deviation in channel 1: 0.0389112494 Pascal

Bota

Object id: 5

Object type: Sound

Object name: bota_400ms

Date: Thu Sep 3 22:04:53 2009

Number of channels: 1 (mono)

Time domain:

Start time: 0 seconds

End time: 0.4002267573696145 seconds

Total duration: 0.4002267573696145 seconds

Time sampling:

Number of samples: 17650

Sampling period: 2.2675736961451248e-05 seconds

Sampling frequency: 44100 Hz

First sample centred at: 1.1337868480725624e-05 seconds

Amplitude:

Minimum: -0.241638184 Pascal

Maximum: 0.199035645 Pascal

Mean: -3.66124485e-05 Pascal

Root-mean-square: 0.0283194339 Pascal

Total energy: 0.000320977991 Pascal² sec (energy in air: 8.02444977e-07 Joule/m²)

Mean power (intensity) in air: 2.00497584e-06 Watt/m² = 63.02 dB

Standard deviation in channel 1: 0.0283202125 Pascal

Gama 400ms

Object id: 6

Object type: Sound

Object name: gama_400ms

Date: Thu Sep 3 22:07:12 2009

Number of channels: 1 (mono)

Time domain:

Start time: 0 seconds

End time: 0.4002267573696145 seconds

Total duration: 0.4002267573696145 seconds

Time sampling:

Number of samples: 17650

Sampling period: 2.2675736961451248e-05 seconds

Sampling frequency: 44100 Hz

First sample centred at: 1.1337868480725624e-05 seconds

Amplitude:

Minimum: -0.298309326 Pascal

Maximum: 0.329162598 Pascal

Mean: -5.24521955e-05 Pascal

Root-mean-square: 0.0417032705 Pascal

Total energy: 0.000696059477 Pascal² sec (energy in air: 1.74014869e-06 Joule/m²)

Mean power (intensity) in air: 4.34790693e-06 Watt/m² = 66.38 dB

Standard deviation in channel 1: 0.041704419 Pascal

Gama 600 ms

Object id: 7

Object type: Sound

Object name: gama_600ms

Date: Thu Sep 3 22:10:01 2009

Number of channels: 1 (mono)

Time domain:

Start time: 0 seconds

End time: 0.6003401360544217 seconds

Total duration: 0.6003401360544217 seconds

Time sampling:

Number of samples: 26475

Sampling period: 2.2675736961451248e-05 seconds

Sampling frequency: 44100 Hz

First sample centred at: 1.1337868480725624e-05 seconds

Amplitude:

Minimum: -0.298309326 Pascal

Maximum: 0.329162598 Pascal

Mean: -6.62891363e-05 Pascal

Root-mean-square: 0.0340620371 Pascal

Total energy: 0.000696528055 Pascal² sec (energy in air: 1.74132014e-06 Joule/m²)

Mean power (intensity) in air: 2.90055592e-06 Watt/m² = 64.62 dB

Standard deviation in channel 1: 0.0340626159 Pascal

ANEXO 3

Questionário

Código: _____

	Sim	Não
1. Acha que ouve bem?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Pede com frequência para repetirem o que disseram?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Sente dificuldade:		
3.1. Em perceber em condições de ruído?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.2. Em ouvir a conversa pelo telefone?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.3. Em manter a atenção e por isso distraí-se facilmente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.4. Em memorizar (ex: nomes, instruções, histórias)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.5. Em seguir ordens auditivas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.6. Na fala e/ou na escrita?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.7. Em perceber pequenas diferenças em palavras parecidas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.8. Na localização da fonte sonora?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.9. Em aprender músicas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Tem prática musical?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Está exposto a ruído muito intenso?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Tem histórico de:		
6.1. Perda auditiva devido a otites?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.2. Vertigem?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.3. Acufenos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.4. Outros problemas otológicos?		
6.4.1. Se sim, quais? _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.5. Dificuldades de linguagem ou aprendizagem?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.6. Factores considerados de risco para a audição?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.6.1. Se sim, quais? _____		
6.7. Problemas respiratórios?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.7.1. Se sim, quais? _____		
6.8. Doenças neurológicas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.8.1. Se sim, quais? _____		
6.9. Doenças psicológicas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6.9.1. Se sim, quais?

6.10. Doenças metabólicas?

☐☐

6.10.1. Se sim, quais?

Porto, 20 de Novembro de 2009

(Cláudia Isabel Trindade dos Reis)

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Biomédica

Dissertação realizada sob a supervisão do Professor Doutor Diamantino Rui da Silva Freitas do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto